İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SES ÖTESİ TEMİZLİK CİHAZI ÖLÇÜMLERİ VE SONUÇLARI ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cem TUNÇ

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektronik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd.Doç. Dr. Metin HÜNER

ŞUBAT 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SES ÖTESİ TEMİZLİK CİHAZI ÖLÇÜMLERİ VE SONUÇLARI ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cem TUNÇ

(504091235)

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektronik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Metin HÜNER

Şubat 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 504091235 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Cem TUNÇ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"SES ÖTESİ TEMİZLİK CİHAZI ÖLÇÜMLERİ VE SONUÇLARI ANALİZİ"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Metin HÜNER** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **.....** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **12 Şubat 2013**
Savunma Tarihi :

Aileme ve Sevdiklerime,

ÖNSÖZ

Beni bugünlere getiren anneme, babama her şeyden önce teşekkürü borç bilirim. Tezin hazırlanmasının her aşamasında çok yakın ilgi ve desteklerini gördüğüm başta tez danışmanım değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Metin Hüner Bey'e, tezin her aşamasında değerli katkılarının esirgemeyen Sunay Güler' e teşekkürlerimi sunarım.

Şubat 2013

Cem Tunç
(Elektrik-Elektronik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xv**
ÖZET ..... **xxiv**
SUMMARY ..... **xxvi**
1. GİRİŞ **1**
2. SES ÖTESİ KAVRAMI **3**
2.1 Ses 3
2.2 Kavitasyon 4
2.3 Kavitasyon çeşitleri 7
2.4 Ultrasonik Transdesurler 7
2.4.1 Transdesur çeşitleri 7
2.4.2 Kullanım çeşitlerine göre transdesurler 9
2.5 Kavitasyon Yoğunluğuna Etki Eden Faktörler 9
2.6 Kavitasyon ve Ultrasonik Güç Ölçüm Yöntemleri 11
2.7 Ses Ötesi Temizleme Sistemlerinin Kullanım Alanları 11
2.8 Ses Ötesi 13
2.9 Ses Dalgası ve Ortamlardaki Yayılımları 13
3. SES ÖTESİ TEMİZLEME **15**
3.1 Ses Ötesi Temizlemenin Temel Prensibi 15
4. SES ÖTESİ TEMİZLEME ANALİZ AŞAMALARI **15**
4.1 Görüntü İşlemede Kullanılacak Yazılımın Seçilmesi 19
4.2 Folyo Testi ve Önemi 19
4.3 Test Adımları 20
4.4 Program Akış Şeması 28
5. FOLYO TESTİ VE SONUÇLARI **29**
5.1 Aynı Sıcaklıkta Frekansa Göre Temizleme Etkinliğinin İncelenmesi 29
5.1.1 20°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi 29
5.1.2 30°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi 31
5.1.3 40°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi 293
5.1.4 45°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi 35
5.1.5 50°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi 37
5.1.6 55°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi 39
5.1.7 60°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi 41
5.1.8 65°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi 429
5.1.9 70°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi 45
5.2 Aynı Frekansta Sıcaklığa Göre Temizleme Etkinliğinin İncelenmesi 47
5.2.1 37kHz frekansta değişen sıcaklıklara göre sonuçların incelenmesi 47
5.2.2 38kHz frekansta değişen sıcaklıklara göre sonuçların incelenmesi 50

5.2.3 39kHz frekansta değişen sıcaklıklara göre sonuçların incelenmesi 52
5.2.4 40kHz frekansta değişen sıcaklıklara göre sonuçların incelenmesi 55
5.2.5 41kHz frekansta değişen sıcaklıklara göre sonuçların incelenmesi 57
5.2.6 42kHz frekansta değişen sıcaklıklara göre sonuçların incelenmesi 59
5.2.7 Otomatik modda değişen sıcaklıklara göre sonuçların incelenmesi 62
5.3 Deneyin Sonuçları 65
6. SONUÇLAR 67
6.1 Sabit Sıcaklık Değişen Frekansa Göre Sonuçların İncelenmesi..... 67
6.1.1 20°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi 67
6.1.2 30°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi 69
6.1.3 40°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi 71
6.1.4 45°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi 72
6.1.5 50°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi 73
6.1.6 55°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi 75
6.1.7 60°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi 76
6.1.8 65°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi 78
6.1.9 70°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi 79
6.2 Sabit Freakslarda Değişen Sıcaklıklara Göre Sonuçların İncelenmesi 80
6.2.1 37kHz sabit frekans ve değişen sıcaklıklarda sonuçların incelenmesi..... 81
6.2.2 38kHz sabit frekans ve değişen sıcaklıklarda sonuçların incelenmesi..... 82
6.2.3 39kHz sabit frekans ve değişen sıcaklıklarda sonuçların incelenmesi..... 83
6.2.4 40kHz sabit frekans ve değişen sıcaklıklarda sonuçların incelenmesi..... 85
6.2.5 41kHz sabit frekans ve değişen sıcaklıklarda sonuçların incelenmesi..... 86
6.2.6 42kHz sabit frekans ve değişen sıcaklıklarda sonuçların incelenmesi..... 88
6.2.7 Otomatik tarama modunda değişen sıcaklıklarda sonuçların incelenmesi 89
6.3 Genel Çıkarımlar 91
KAYNAKLAR..... 93
EKLER..... 97
ÖZGEÇMİŞ..... 101

KISALTMALAR

kHz	**:** Kilo Hertz
mm	**:** Mili Metre
m/s	**:** metre/saniye
°C	**:** Celsius Derece
MHz	**:** Mega Hertz
V	**:** Volt
W	**:** Watt

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Sesin değişik ortamlardaki yayılma hızı 14
Çizelge 5.1 : Deneylerin Sonuçları. 65

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Folyo kağıdı temizleme kazanına dik konumda yerleştirilmesi. 1
Şekil 2.1 : Sesin ilk görüntüsü. 3
Şekil 2.2 : Sıvı içerisinde kavitasyon oluşumu. 6
Şekil 2.3 : Piezoelektrik Dönüştürücü. 8
Şekil 2.4 : Magnetostrictive Dönüştürücü. 8
Şekil 3.1 : Bir ses ötesi temizleme düzeneği blok şeması. 16
Şekil 4.1 : Taratılmış folyonun orijinal görüntüsü. 21
Şekil 4.2 : Taratılmış folyonun 2 bitlik görüntüsü 22
Şekil 4.3 : Deliklerde oluşan gürültünün yok edilmesi için oluşturulan görüntü. 23
Şekil 4.4 : Deliklerde oluşan gürültünün yok edildikten sonraki görüntüsü. 24
Şekil 4.5 : Deliklerin oluşturduğu bölgelerin ağırlık merkezi. 25
Şekil 4.6 : Alanları hesaplanan deliklerin mm^2 cinsinden adetlerinin gösterilimi..... 26
Şekil 4.7 : Deneylerin analiz etmek için MATLAB'de yazılmış ekran 26
Şekil 4.8 : Resmi yükle butonuna basıldıktan sonraki görüntüsü. 27
Şekil 4.9 : Resmi göster butonundan sonraki durum. 27
Şekil 4.10 : İşlemleri yap Butonuna Basıldıktan Sonraki Görüntü. 27
Şekil 5.1 : 20°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 29
Şekil 5.2 : 20°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 29
Şekil 5.3 : 20°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 30
Şekil 5.4 : 20°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 30
Şekil 5.5 : 20°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 30
Şekil 5.6 : 20°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 30
Şekil 5.7 : 20°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 31
Şekil 5.8 : 30°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 31
Şekil 5.9 : 30°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 31
Şekil 5.10 : 30°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 32
Şekil 5.11 : 30°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 32
Şekil 5.12 : 30°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 32
Şekil 5.13 : 30°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 32
Şekil 5.14 : 30°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 33
Şekil 5.15 : 40°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 33
Şekil 5.16 : 40°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 33
Şekil 5.17 : 40°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 34
Şekil 5.18 : 40°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 34
Şekil 5.19 : 40°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 34
Şekil 5.20 : 40°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 34
Şekil 5.21 : 40°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 35
Şekil 5.22 : 45°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 35

Şekil 5.23 : 45°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 35
Şekil 5.24 : 45°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 36
Şekil 5.25 : 45°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 36
Şekil 5.26 : 45°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 36
Şekil 5.27 : 45°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 36
Şekil 5.28 : 45°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 37
Şekil 5.29 : 50°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 37
Şekil 5.30 : 50°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 37
Şekil 5.31 : 50°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 38
Şekil 5.32 : 50°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 38
Şekil 5.33 : 50°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 38
Şekil 5.34 : 50°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 38
Şekil 5.35 : 50°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 39
Şekil 5.36 : 55°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 39
Şekil 5.37 : 55°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 39
Şekil 5.38 : 55°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 40
Şekil 5.39 : 55°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 40
Şekil 5.40 : 55°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 40
Şekil 5.41 : 55°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 40
Şekil 5.42 : 55°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 41
Şekil 5.43 : 60°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 41
Şekil 5.44 : 60°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 41
Şekil 5.45 : 60°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 42
Şekil 5.46 : 60°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 42
Şekil 5.47 : 60°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 42
Şekil 5.48 : 60°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 42
Şekil 5.49 : 60°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 43
Şekil 5.50 : 65°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 43
Şekil 5.51 : 65°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 43
Şekil 5.52 : 65°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 44
Şekil 5.53 : 65°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 44
Şekil 5.54 : 65°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 44
Şekil 5.55 : 65°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 44
Şekil 5.56 : 65°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 45
Şekil 5.57 : 70°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 45
Şekil 5.58 : 70°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları. 45
Şekil 5.59 : 70°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 46
Şekil 5.60 : 70°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 46
Şekil 5.61 : 70°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 46
Şekil 5.62 : 70°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 46
Şekil 5.63 : 70°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 47
Şekil 5.64 : 20°C sıcaklıkta 37KHz'de yapılan deneylerin sonuçları..... 47
Şekil 5.65 : 30°C sıcaklıkta 37KHz'de yapılan deneylerin sonuçları..... 48
Şekil 5.66 : 40°C sıcaklıkta 37KHz'de yapılan deneylerin sonuçları..... 48

Şekil 5.67 : 45°C sıcaklıkta 37KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 48
Şekil 5.68 : 50°C sıcaklıkta 37KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 48
Şekil 5.69 : 55°C sıcaklıkta 37KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 49
Şekil 5.70 : 60°C sıcaklıkta 37KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 49
Şekil 5.71 : 65°C sıcaklıkta 37KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 49
Şekil 5.72 : 70°C sıcaklıkta 37KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 49
Şekil 5.73 : 20°C sıcaklıkta 38KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 50
Şekil 5.74 : 30°C sıcaklıkta 38KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 50
Şekil 5.75 : 40°C sıcaklıkta 38KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 50
Şekil 5.76 : 45°C sıcaklıkta 38KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 51
Şekil 5.77 : 50°C sıcaklıkta 38KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 51
Şekil 5.78 : 55°C sıcaklıkta 38KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 51
Şekil 5.79 : 60°C sıcaklıkta 38KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 51
Şekil 5.80 : 65°C sıcaklıkta 38KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 52
Şekil 5.81 : 70°C sıcaklıkta 38KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 52
Şekil 5.82 : 20°C sıcaklıkta 39KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 52
Şekil 5.83 : 30°C sıcaklıkta 39KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 53
Şekil 5.84 : 40°C sıcaklıkta 39KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 53
Şekil 5.85 : 45°C sıcaklıkta 39KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 53
Şekil 5.86 : 50°C sıcaklıkta 39KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 53
Şekil 5.87 : 55°C sıcaklıkta 39KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 54
Şekil 5.88 : 60°C sıcaklıkta 39KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 54
Şekil 5.89 : 65°C sıcaklıkta 39KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 54
Şekil 5.90 : 70°C sıcaklıkta 39KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 54
Şekil 5.91 : 20°C sıcaklıkta 40KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 55
Şekil 5.92 : 30°C sıcaklıkta 40KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 55
Şekil 5.93 : 40°C sıcaklıkta 40KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 55
Şekil 5.94 : 45°C sıcaklıkta 40KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 55
Şekil 5.95 : 50°C sıcaklıkta 40KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 56
Şekil 5.96 : 55°C sıcaklıkta 40KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 56
Şekil 5.97 : 60°C sıcaklıkta 40KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 56
Şekil 5.98 : 65°C sıcaklıkta 40KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 56
Şekil 5.99 : 70°C sıcaklıkta 40KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 57
Şekil 5.100 : 20°C sıcaklıkta 41KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 57
Şekil 5.101 : 30°C sıcaklıkta 41KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 57
Şekil 5.102 : 40°C sıcaklıkta 41KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 58
Şekil 5.103 : 45°C sıcaklıkta 41KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 58
Şekil 5.104 : 50°C sıcaklıkta 41KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 58
Şekil 5.105 : 55°C sıcaklıkta 41KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 58
Şekil 5.106 : 60°C sıcaklıkta 41KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 59
Şekil 5.107 : 65°C sıcaklıkta 41KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 59
Şekil 5.108 : 70°C sıcaklıkta 41KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 59
Şekil 5.109 : 20°C sıcaklıkta 42KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 60
Şekil 5.110 : 30°C sıcaklıkta 42KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 60
Şekil 5.111 : 40°C sıcaklıkta 42KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 60
Şekil 5.112 : 45°C sıcaklıkta 42KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 60
Şekil 5.113 : 50°C sıcaklıkta 42KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 61
Şekil 5.114 : 55°C sıcaklıkta 42KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 61
Şekil 5.115 : 60°C sıcaklıkta 42KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 61
Şekil 5.116 : 65°C sıcaklıkta 42KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 61

Şekil 5.117 : 70°C sıcaklıkta 42KHz'de yapılan deneylerin sonuçları 62
Şekil 5.118 : 20°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 62
Şekil 5.119 : 30°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 62
Şekil 5.120 : 40°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 63
Şekil 5.121 : 45°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 63
Şekil 5.122 : 50°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 63
Şekil 5.123 : 55°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 63
Şekil 5.124 : 60°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 64
Şekil 5.125 : 65°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 64
Şekil 5.126 : 70°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları 64
Şekil 6.1 : 20°C sıcaklıkta değişen frekanslarda deney sonuçları 68
Şekil 6.2 : 20°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizleme alanının değişimi. 68
Şekil 6.3 : 20°C sıcaklıkta değişen frekanslarda homojenliğin değişimi 69
Şekil 6.4 : 30°C sıcaklıkta değişen frekanslarda deney sonuçları 69
Şekil 6.5 : 30°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizleme alanının değişimi. 70
Şekil 6.6 : 30°C sıcaklıkta değişen frekanslarda homojenliğin değişimi. 70
Şekil 6.7 : 40°C sıcaklıkta değişen frekanslarda deney sonuçları. 71
Şekil 6.8 : 40°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizleme alanının değişimi. 71
Şekil 6.9 : 40°C sıcaklıkta değişen frekanslarda homojenliğin değişimi. 72
Şekil 6.10 : 45°C sıcaklıkta değişen frekanslarda deney sonuçları. 72
Şekil 6.11 : 45°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizleme alanının değişimi. 73
Şekil 6.12 : 45°C sıcaklıkta değişen frekanslarda homojenliğin değişimi. 73
Şekil 6.13 : 50°C sıcaklıkta değişen frekanslarda deney sonuçları. 74
Şekil 6.14 : 50°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizleme alanının değişimi. 74
Şekil 6.15 : 50°C sıcaklıkta değişen frekanslarda homojenliğin değişimi... 74
Şekil 6.16 : 55°C sıcaklıkta değişen frekanslarda deney sonuçları. 75
Şekil 6.17 : 55°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizleme alanının değişimi. 75
Şekil 6.18 : 55°C sıcaklıkta değişen frekanslarda homojenliğin değişimi. 76
Şekil 6.19 : 60°C sıcaklıkta değişen frekanslarda deney sonuçları. 76
Şekil 6.20 : 60°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizleme alanının değişimi. 77
Şekil 6.21 : 60°C sıcaklıkta değişen frekanslarda homojenliğin değişimi. 77
Şekil 6.22 : 65°C sıcaklıkta değişen frekanslarda deney sonuçları. 78
Şekil 6.23 : 65°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizleme alanının değişimi. 78
Şekil 6.24 : 65°C sıcaklıkta değişen frekanslarda homojenliğin değişimi. 79
Şekil 6.25 : 70°C sıcaklıkta değişen frekanslarda deney sonuçları. 79
Şekil 6.26 : 70°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizleme alanının değişimi. 80
Şekil 6.27 : 70°C sıcaklıkta değişen frekanslarda homojenliğin değişimi. 80
Şekil 6.28 : 37kHz frekansta değişen sıcaklıklarda deney sonuçları. 81

Şekil 6.29 : 37kHz frekansta değişen sıcaklıklarda temizleme alanının değişimi.... 81
Şekil 6.30 : 37kHz frekansta değişen sıcaklıklarda homojenliğin değişimi. 82
Şekil 6.31 : 38kHz frekansta değişen sıcaklıklarda deney sonuçları. 82
Şekil 6.32 : 38kHz frekansta değişen sıcaklıklarda temizleme alanının değişimi.... 83
Şekil 6.33 : 38kHz frekansta değişen sıcaklıklarda homojenliğin değişimi. 83
Şekil 6.34 : 39kHz frekansta değişen sıcaklıklarda deney sonuçları. 84
Şekil 6.35 : 39kHz frekansta değişen sıcaklıklarda temizleme alanının değişimi.... 84
Şekil 6.36 : 39kHz frekansta değişen sıcaklıklarda homojenliğin değişimi. 85
Şekil 6.37 : 40kHz frekansta değişen sıcaklıklarda deney sonuçları. 85
Şekil 6.38 : 40kHz frekansta değişen sıcaklıklarda temizleme alanının değişimi.... 86
Şekil 6.39 : 40kHz frekansta değişen sıcaklıklarda homojenliğin değişimi. 86
Şekil 6.40 : 41kHz frekansta değişen sıcaklıklarda deney sonuçları. 87
Şekil 6.41 : 41kHz frekansta değişen sıcaklıklarda temizleme alanının değişimi.... 87
Şekil 6.42 : 41kHz frekansta değişen sıcaklıklarda homojenliğin değişimi. 88
Şekil 6.43 : 42kHz frekansta değişen sıcaklıklarda deney sonuçları. 88
Şekil 6.44 : 42kHz frekansta değişen sıcaklıklarda temizleme alanının değişimi.... 89
Şekil 6.45 : 42kHz frekansta değişen sıcaklıklarda homojenliğin değişimi. 89
Şekil 6.46 : Otomatik tarama modunda değişen sıcaklıklarda deney sonuçları. 90
Şekil 6.47 : Otomatik tarama modunda değişen sıcaklıklarda temizleme alanının değişimi. 90
Şekil 6.48 : Otomatik tarama modunda değişen sıcaklıklarda homojenliğin değişimi. 91

SES ÖTESİ TEZMİZLİKCİHAZI ÖLÇÜMLERİ SONUÇLARI ANALİZİ

ÖZET

Bütün canlıların gereksinim duyduğu su, hava ve toprak endüstrinin gelişmesine paralel olarak çeşitli sentetik maddeler ve diğer toksit atıklarla kirletilmiş ve Dünya'nın birçok yöresi yaşanmaz duruma getirilmiştir. Çevreyi koruyucu önlemler almadan gelişi güzel sanayileşen ülkelerde denetimsizlik, düzensiz kentleşme, hızla artan nüfus ya da toplumun eğitimsizliğinden kaynaklanan sorumsuzluk sonucu, sağlıklı yaşamamız için vazgeçilmez bir gereksinim olan doğa çok kötü bir şekilde kirletilmiştir.

Son dönemlerde temizlikte kullanılan deterjanların doğaya, dolayısıyla insan sağlığına olan zararları merak ve endişeyle tartışılmaktadır. İhmaller ve sorumsuzluklar sonucu olan çevre kirlenmesi sorunu bugünün insanlarının torunlarına bırakacağı en kötü miras olacaktır.

Temizlik endüstrisinde su temelli ve petrol temelli temizleyiciler yerine doğaya dost alternatif temizleme teknikleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Daha geliştirme aşamasında olan bu tekniklerin sentetik temizleyicilere göre temizleme oranları çok düşüktür. Doğaya dost teknoloji olması açısından geliştirilmesi gereken bir yöntemdir ve gelişime açıktır.

Endüstride yeni üretilen veya kullanılmakta olan pek çok cihaz, aparat ve makine parçaları, yüzey kalitelerini arttırmak amacıyla bir takım temizleme işlemlerine tabi tutulurlar. Geleneksel parça temizleme metodları olarak kumlamayı, benzin-talaş karışımını, sıcak yağlamayı ve spreyle yıkamayı sayabiliriz. Çeşitli ve sürekli gelişen teknolojiler, minyatür parça üretimindeki hızlı gelişmeler hassas ve kritik temizlik ihtiyacını doğurmuştur. Tek tabaka halindeki kirlilik, yüzeyin ıslaklık kabiliyetini, adezyonunu, optik ve elektrik özelliklerini değiştirebilir. Ayrıca 1-2µm büyüklüğündeki parçacıklar, korozyon izleri ve iyonlar optik, tıbbi cihaz, uzay, eczacılık, takım-kaplama, disk sürücüleri, yarı iletkenler ve otomotiv endüstrisi gibi dallarda, imalat mühendislerinin günlük ilgi alanları arasına girmiştir. Bu yüzden pek çok firma kendi temizlik standartını bile oluşturmaya başlamıştır[1].

Teknolojinin ilerlemesi hassas, kritik ve doğaya saygılı temizleme yöntemlerine yönelinmesine yol açmaktadır. Yeni temizlik yöntemlerinin geliştirilmesinde mikrodenetleyicilerin gelişmesinin payı büyüktür ve bu sayede ses ötesi temizlemenin temelleri atılmıştır.

Ses Ötesi temizleme ilk defa RCA (Radio Corporation of America) adlı firmanın araştırma laboratuvarında bulunmuştur. Freon gazı kullanarak soğutma işlemi yaparken 300kHz'de çalışan bir kristalin etrafında dalga hareketinin ortaya çıktığı tesadüfen fark edildi. Fark edilen bu ilginç dalga hareketinin uzun süre bir temizleme metodu olduğu anlaşılamadı. Bugün endüstride 18kHz hala rutin olarak kullanılmaktadır[2].

Bu çalışmada, ultrasonik temizleme etkinliğinin frekans ve sıcaklık parametrelerine göre değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda ultrasonik temizleme

cihazı ile 3'er dakikalik testler yapılmıştır. Testler sırasında aluminyum folyo, temizleme kazanına dik bir şekilde daldırılmıştır. Tasarlanan sistem temizleme kazanındaki sıcaklık, sıvı yüksekliği, temizlenen malzeme gibi parametrelerden dolayı temizleme verimliliğindeki azalma sorunlarına karşı çeşitli frekanslardaki tarama teknikleri ile deneyler yapılmıştır. Dar bir frekans aralığında tarama özelliği kullanılarak daha homojen bir temizleme örüntüsü elde edildiği yapılan deneyler ile gözlemlenmiş olup sonuçları tezde yer almaktadır.

Deneylerde kullanılan ses ötesi temizleme makinesinin çalışabilme aralığı 37-42kHz frekans aralığıdır. Kazan su sıcaklığı 20-80°C arasına herhangi bir sıcaklık değerine ayarlanabilmektedir. Sistemde otomatik çalışma modu, manuel çalışma modu, ve anahtarlamalı çalışma modu olmak üzere üç çalışma modu bulunmaktadır. Manuel çalışma modunda 37-42kHz frekans aralığında ayarlanan bir frekansta ultrasonik dönüştürücü sürülmektedir. Otomatik çalışma modunda ise kullanıcının ayarladığı frekans, merkez frekansı olarak seçilerek 2kHz'lik bant genişliğinde frekans tarama tekniği kullanılmıştır. Anahtarlamalı çalışma modu, prensip olarak manuel çalışma moduna benzemektedir. Manuel çalışma moduna ek olarak susma süresi parametresi anahtarlamalı çalışma modunda kullanılmaktadır. Susma süresi 1 sn, 2 sn, 3 sn, 4 sn olarak istenilen şekilde seçilebilmektedir. Seçilen değere göre ultrasonik üreteç, ultrasonik sinyali seçilen saniye kadar üretir ve sonra seçilen saniye kadar susar. Bu işlem sistemin çalışma süresi boyunca ultrasonik sinyalin üretilmesi ve durdurulması şeklinde devam eder. Ses ötesi temizleme cihazı 1-5 dakika arasında değişen çalışma sürelerine ayarlanıp çalıştırılabilmektedir. Cihaz çalışır durumda iken kalan süre saniye bazında LCD ekranda gösterilmektedir[3].

Ses ötesi temizleme sistemleri çelikten yapılmış bir kazan, bu kazanın altına özel bir yapıştırıcı ile yapıştırılmış bir veya birden fazla ses ötesi dönüştürücü, ses ötesi üreteç ve temizleme sıvısından oluşmaktadır. Ses ötesi sinyal üreteçleri yüksek frekanslı sinyalleri (20-120kHz) üretirler. Temizleme kazanının altına yapıştırılmış olan ses ötesi dönüştürücüler bu sinyaller ile sürüldüklerinde temizleme kazanındaki sıvıda alçak ve yüksek basınç bölgeleri meydana getiren ses ötesi dalgalar üretirler. Bu basınç dalgaları, temizleme sıvısı içinde mikroskobik milyonlarca kabarcık oluşturur. Bu kabarcıklar alçak basınçta genişleyerek büyürken yüksek basınçta büzülerek şiddetli bir şekilde patlarlar. Bu olaya ses ötesi kavitasyon adı verilir ve ses ötesi temizleme sistemlerinin çalışma prensibini oluşturur[3].

Bu çalışmada, ses ötesi temizleme etkinliğinin frekans ve sıcaklık parametrelerine göre değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır ve temizleme etkinliğinin yüzey temizliğinde kullanımı ve öneminden bahsedilmiştir. Deneyler kazan sıvısının 20°C-70°C sıcaklık aralığında ve 37-42 kHz frekans aralığında yapılmıştır. Deneylerin sonuçları MATLAB görüntü işleme teknikleri ile hesaplanmıştır ve bu hesaplamalar analizde kullanılmıştır.

Deney sonuçları analiz edebilmek adına folyoda oluşan deliklerin x ve y koordinatlarındaki ağırlık merkezleri, cismin alanları cinsinden standart sapmaları, folyoda oluşan deliklerin ortalama alanları ve toplam alanları MATLAB görüntü işleme metodları kullanılarak bulunmuştur.

Deliklerin belirtilen parametreleri hesaplanırken, taratılan folyonun görüntüsü orjinal resmi 8 bitlik ifade edilecek resme dönüştürülmüştür. 8 bitlik görüntüde renkler 0(siyah)'dan 255(beyaz)'e kadar gri tondaki renklerle ifade edilmektedir. Delikler ile folyoyu birbirinden ayrılabilmek için eşik değer olarak 200 seçilmiştir. Renk değeri 200 den büyük olan pikselleri beyaz olarak(1), değeri 200' den küçük pikseller

siyaha(0) dönüştürülmüştür, bu sayede de temizleme kalitesinin analizi için gerekli matematiksel büyüklükler hesaplanması için ilk adım atılmıştır.

Daha sonra işlem adımlarında kullanılacak görüntüyü gürültülerden kurtarmak için ise birtakım işlemler yapılmıştır. Alanları hesaplanacak görüntülerin içinde oluşan gürültülerden kurtarmak için resmi 2 bitlik hale çevirme işleminin tam tersi uygulanmıştır. Yani 200 den küçük piksel değerleri beyaza çevrilip diğerleri siyaha çevrilmiştir. Bu durumda hesaplanan beyaz bölgelerden bir adet olmalıydı fakat deliklerin içinde bulunan gürültülerden dolayı birden fazla beyaz alan oluşmuştur. En büyük alan haricindeki beyaz alanları delik olacak şekilde değerleri yenilenmiştir. Gürültülerden temizlenmiş alan artık hesaplamalarda kullanacağımız deliklere dönüşmüştür. Bu işlemden sonra deliklerin hepsinin alanları, deliklerin orta merkezlerinin x ve y koordinatları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu parametreler ile folyo üzerindeki delikleri ortak ağırlık merkezleri, deliklerin toplam alanları, delik alanları cinsinden standart sapmaları, delik ağırlık merkezinin x ve y koordinatları hesaplanmıştır. Bütün hesaplanan parametrelerin sonuçlarına göre değişen sıcaklık ve değişen frekanslardaki en iyi temizleme yöntemi bulunmaya çalışılmıştır. En iyi temizleme yöntemini ise deliklerin homojenliği ve folyo üzerinde oluşan toplam alanın büyüklüğüne göre karar verilmiştir.

Bu çalışmayla tasarlanmış olan ses ötesi temizleme cihazının hangi sıcaklık ve frekanslarda etkin bir şekilde çalıştığı bilgisine ulaşılmıştır. Sıcaklık ve frekans değişimlerinin incelenmesi ses ötesi temizleme cihazının hangi yönlerde ilerlenmesini gösterecek bir çalışmadır.

MEASUREMENTS AND ANALYSIS OF RESULTS OF CLEANING DEVICE

SUMMARY

Water, air and soil which are all creatures' living environments are polluted parallel to the development of industry with various synthetic materials and other toxic wastes. Many regions became uninhabitable because of environmental problems. Especially in developing countries where weak control of measures for environmental protection, irregular urbanization, rapidly growing population or irresponsibility of uneducated community are commun issues, nature is greatly polluted.

In recent years damages of detergents, to both the environment and to human health, are discussed in concern. As a result of negligence and irresponsibilities the environment pollution problem will be the worst inherit being left to descandants.

In cleaning industry instead of water-based and oil-based cleaners, environment-friendly alternative cleaning techniques are tried to develop. This techniques which are still under development, cleaning rates are very low with respect of synthetic cleaners. Because of being an environment-friendly technology, It needs to be developed.

In order to increase the quality of the surface of many new devices, apparatus and machine parts which are produced or used in industry, are subject to a number cleaning operations. Being parts of traditional methods of cleaning blast, petrol sawdust mix, hot lubrication and spray-washing can be counted. Various and ever-evolving technologies, rapid developments in the production of miniature parts have led to the need for critical and sensitive cleaning. Pollution in the form of a single layer can change its wetting ability of surface, adhesion, optical and electrical properties.

In addition, the size of 1-2μm particles, traces of corrosion and ions entered to manufacturing engineers' daily related fields such as the automotive industry, optical, medical device, aerospace, pharmacy, team-coating, disk drives, semiconductors. Even so, many companies started to establish their own standards of cleanliness[1].

The advancement of technology is a guidance to sensitive, critical and nature-friendly cleaning methods. Development of microcontroller has a great aid in development of new cleaning methods.

Ultrasonic cleaning firstly was founded in RCA(Radio Corporation of America) firm's research laboratories. During a freon gas using cooling process at 300kHz wave movements were noticed around a crystalline by chance. This observed interesting wave action could not be understood for a long time to be a cleaning method. Today 18 kHz is still routinely used in industry[2].

In this study the ultrasonic cleaning efficiency's dependence on frequency and temperature is investigated. In this context,3-minutes tests were carried out with ultrasonic cleaning device. During test aluminium foils were vertically immersed

into the cleaning tank. In order to eliminate the dependence of the cleaning efficiency on the liquid height and the shape of the cleaned object the transducer is driven with a changing frequency. Using a narrow frequency range around the resonance frequency , a more homogeneous cleaning pattern is obtained.

Working range of ultrasonic cleaning machine used in the experiments is 37-42KHz. Boiler water temperature can be adjusted between 20-80 °C. There are three operating modes; automatic operation mode, manual operation mode, and switched operating mode. In manual operation mode the frequency is set in the frequency range of 37-42KHz. In automatic operation mode, with the frequency set by user is chosen as central frequency at 2 kHz bandwidth , frequency scanning technique was used. Switched operation mode, in principle, is similar to manual operation mode. In addition to manual operation mode, in switching operating mode time of silence parameter is used. Silent time can be selected as 1 sec, 2 sec, 3 sec or 4 sec.

According to the selected value , ultrasonic generator generates the ultrasonic signal for selected seconds and then stops for the selected seconds. This process continues in the form of producting and stopping of ultrasonic signal during the cleaning process. The duration of the cleaning time can be set between 1-5 minutes. While the device is running the remaining time is shown on the LCD screen in seconds[3].

Ultrasonic cleaning systems are generally consist of a steel boiler, one or more ultrasonic transducer glued with a special adhesive to the bottom of this boiler, an ultrasonic generator and cleaning fluid. Each of these units of engineering issues need to be addressed as an issue.

Ultrasonic signal generators produce high frequency signals (20-120 kHz). Ultrasonic converters which is glued to the bottom of the cleaning boiler when is driven with these signals, generate ultrasonic waves which give rise low and high pressure zones on fluid of cleaning boiler . These pressure waves, Create millions of microscopic bubbles within the cleaning fluid. This bubbles at low pressure expand while at high pressure they violently implode. This phenomenon is known as ultrasonic cavitation and makes up the principle of ultrasonic cleaning systems.

Ultrasonic cleaning method is reliable, fast and material-friendly. For this purpose, Type of dirt is not important; it can be such as sawdust or dust, and also may be such as a machining chips or emulsion / oil waste, separation compound or fingerprint in form of film. Ultrasound has cleaner effect in a liquid bath, at the same time need for chemicals in general is less and cleaning processes are noticeably reduced. Therefore, ultrasonic cleaning is a preferred method of including many branches, particularly the automotive and automotive supplier industry, machine and plant construction, fittings and sanitary fittings industry, optics, precision mechanics works, watch industry, electroplating, electronics, micro technology, photovoltaic, semiconductor industry, care, and maintenance work.

In this study, the effectiveness of the ultrasonic cleaning was investigated according to changes of the parameters such as frequency, temperature and mentioned the importance and the efficiency of the surface cleaning. Studies were made with boiler fluid at range between 20°C-70°C temperature and 37-42 KHz frequency. Examination of the results of experiments was done in MATLAB. It was seen that sweeping the frequency between 37 – 42 KHz, more homogeneous cleaning pattern is obtained in foil tests. Scans were analysied using image processing techniques.

Foil test is a practical method of showing the power and washing profile in the ultrasonic boiler approximately. Foil is immersed in an ultrasonic boiler horizontally or vertically. It is seen that the foil is worn away as a result of bursts of cavitation. Degree or homogeneity of these abrasions on the foil provides information about the quality of washing of the boiler. As a result of the foil tests, the best cleaning efficiency of the system (the internal dimensions of boiler 150x135x150 mm3 , the boiler water volume 2.5 liters) was obtained when the operating frequency was 38 kHz and water temperature was 60°C. In ultrasonic washing machine prototype which is developed in the project, frequency, operating mode, operating time and temperature of the boiler can be adjusted manually. It can manually work on the value of a selected frequency range between 37 – 42 KHz[1].

In order to be able to analyze the experimental results x and y coordinates of center of gravity of the holes in foil , standard deviations of the fields in the object, average areas of holes occuring on foil have been calculated using MATLAB image processing methods.

To calculate specified parameters of the holes, image of scanned foil is converted to a 8-bit image. 8-bit image has gray-tone colors ,value is from 0 (black) to 256 (white). To distinguish the holes and the foil from each other, 200 was chosen as the threshold value. The color value that is larger than 200, pixels is transformed into white (1), the value that is smaller

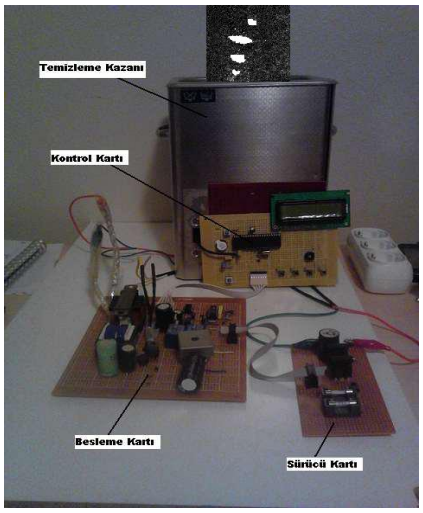
than 200 is transformed into black (0), whereby the necessary mathematical quantities are calculated for the analysis of the quality of cleaning.

Actions have been taken to save the image to be used in the steps of the process from noise. In images where noise may be present reverse process of converting two-bit is applied. So pixel values smaller than 200 have been transformed into white, others have been transformed into black. In this case, the calculated white areas should be one piece, but due to noise in the holes more than one white space had been occured. The code is written to ensure that there is no other white dot or region other than the biggest white area. The area cleaned from noise is now transformed into the holes be used in calculations. After this operation, for all areas of the holes, x and y coordinates of medium centers of the holes are calculated. Wıth these parameters , the holes on foil, common gravity center , the total areas of the holes, the standard deviations of hole areas, x and y coordinates of the gravity center were calculated. According to the results of all calculated parameters, the best cleaning is found by changing temperature and frequency. The best method of cleaning decided on according to homogeneity of the holes and the size of the total area on the foil. In this study the effective running of the ultrasonic device is achievied.

1. GİRİŞ

Karmaşık iş parçalarının ve komple yapı gruplarının temizlenmesi söz konusu olduğunda ses ötesi temizleme vazgeçilmez bir yöntemdir. Temizliğe yönelik taleplerin artması ve temizlenen parçaların gittikçe daha duyarlı birimlerden oluşması, proseslerin daha hassas bir şekilde uyarlanması ihtiyacını doğurmuştur. Gelişen teknoloji ile talepler tam karşılanacak şekilde uyarlanabilmektedirler.

Ses ötesi temizleme yöntemiyle, tanımlanmış temizlik parametreleri güvenilir, hızlı ve materyal dostu bir şekilde karşılanmaktadır. Bunun için, temizlenecek kirin niteliği önemli değildir; talaş veya toz gibi parçacık şeklinde olabileceği gibi talaşlı imalat emülsiyonu/yağı artığı, ayırma bileşiği veya parmak izi gibi film şeklinde de olabilir. Ultrason, temizleyici etkisini bir sıvı banyonun içerisinde geliştirir, aynı zamanda kimyasal ihtiyacının genel anlamda azalmasını ve temizleme süreçlerinin hissedilir derecede kısalmasını sağlar. Bundan dolayı, ses ötesi temizleme başta otomotiv ve otomotiv yan sanayi, makina ve tesis imalatı, armatür ve sağlık tesisatı endüstrisi, optik, hassas mekanik işler, saat endüstrisi, galvanik, elektronik, mikroteknoloji, fotovoltaik, yarı iletken sanayi, koruyucu bakım ve bakım işleri olmak üzere pek çok branşta tercih edilen bir yöntemdir. Bu tezde ses ötesi temizlemenin sıcaklık ve frekansa göre etkinliğinin nasıl değiştiği incelenmiştir.



Şekil 1.1: Folyonun temizleme kazanına dik konumda yerleştirilmesi

Yukarıda görülen temizleme kazanına 2,5 litre 20°C sıcaklıkta su eklenmiştir. Temizleme kazanı 20°C de iken yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi folyolar kazana dik olacak şekilde batırılmıştır ve 37-42kHz frekans aralığında deneyler yapılmıştır. Folyo üzerinde kavitasyonun etkisiyle delikler oluşmuştur ve delikli folyonun görüntüsü taratılmıştır. Deneyler 30°C, 40°C, 45°C, 50°C, 55°C, 60°C, 65°C, 70°C sıcaklıkları ve 37-42 kHz deki frekans aralığı için deneyler tekrarlanmıştır ve bütün folyolar taratılıp analiz edilmiştir.

Deney sonuçlarını analiz etmekte MATLAB'de yazılmış olan programdan yararlanılmıştır. Bu program incelenmek istenen yüzeylerin renk farklılıklarından kaynaklanan alanların ölçülmesi yöntemiyle hesaplamaları yapmaktadır. Deneylerde folyo kullanıldığı için folyonun yüzey rengi ve boşlukların renginin alanlarının hesaplanmasıyla deneysel sonuçlar elde edilmiştir.

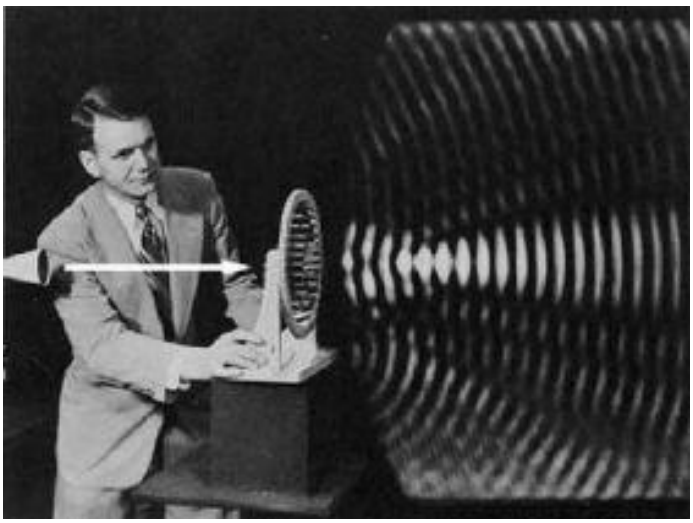
Tez raporunun 2. Bölümünde ses ötesi kavramı ve ses ötesi temizlemenin temellerini oluşturan ses ve kavitasyon kavramı gibi kavramların açıklanması ve kullanım alanlarına yer verilmiştir. 3. Bölümde ses ötesi temizlemenin temel kavramları ve kullanım alanlarından bahsedilmiştir. 4. Bölümde ses ötesi temizlemenin deney aşamaları ve görüntü işlemede kullanılacak hesaplamaların işlem adımları anlatılmıştır. 5.Bölümde farklı sıcaklık ve frekansta yapılan deneylerin sonuçları paylaşılmıştır. 6. Bölümde ise sonuçlar ve önerilere yer verilmiştir.

2. SES ÖTESİ KAVRAMI

"Ses ötesi" ve "ses ötesi temizleme" kavramını açıklamadan önce ses ve kavitasyon üzerinde bazı bilimsel bilgilerin bilinmesi gerekir.

2.1 Ses

Ses katı, sıvı ve gaz ortamlarda yayılabilen mekanik dalgaların insanlar tarafından işitme yoluyla algılanabilen basınç dalgalanmalarıdır. Ses dalgaları, mekanik dalgalar olduklarından yayılmak için maddesel bir ortama ihtiyaç duyarlar. Ses, nesnelerin titreşiminden meydana gelen ve uygun bir ortam içerisinde (hava, su vb.) bir yerden başka bir yere, sıkışma ve genleşmeler şeklinde ilerleyen bir dalgadır. Dolayısıyla ses, bir basınç dalgasıdır. Sesin yayılma hızı havada 20°C'de 340 m/s' dir. Sesin hızı, ortamın sıcaklığından etkilenir. Sıcaklık arttıkça sesin hızı da artar. Sıcaklık artışı moleküllerin titreşim hızlarını arttırır, dolayısıyla sesin yayılma hızının artmasına sebep olur.



Şekil 2.1: Sesin ilk görüntüsü[3]

1960 tarihli yukarıdaki fotoğrafta, özel bir ses merceği ve özel bir görüntüleme yöntemi kullanılarak, sol tarafta görülen kornadan çıkan ses dalgalarının görüntüsü elde edilebilmiştir. (Bell Telefon Laboratuvarı) [3].

Sesin frekansı , dalga boyu, periyodu ve hızı gibi parametreleri bulunmaktadır. Bir saniye içindeki titreşim sayısına frekans denir. Birimi ise Hertz (Hz)'dir. Dalga boyu, bir dalganın bir periyod süresince aldığı yoldur[4].

- **Alçak Frekanslı Ses (Infrasonik):** Sesberi ya da infrases olarak nitelendirilen ses frekansları, 20 Hz'den düşük frekansları kapsar. Böylece insan kulağının duyamayacağı kadar düşük, fakat hava basıncı değişiklikleriyle oluşan ses, dalga frekanslarından daha yüksektirler. İnsan kulağının teorik olarak 20Hz ile 20000Hz aralığını duyduğu söylense de, en iyi 250Hz ve 3000Hz aralığındaki konuşma frekansı duyar.
- **Yüksek Frekanslı Ses (Ultrasonik):** Ses öte ya da ultra ses, insan kulağının duyamayacağı yüksek frekanstaki seslere verilen addır. Frekansı 20kHz'in üzerindedir.
- **Çok Yüksek Frekanslı Ses (Megasonik):** Mega ses ya da megasonik ses frekansları olarak nitelendirilen frekanslar, 800kHz'den büyük olan MHz mertebesinde ölçülen çok yüksek frekanslı seslere denir.

Ses ötesi yıkama teknolojisinin ismi de, 20kHz üzerinde frekanslar kullanılmasından gelmektedir. Ses ötesi temizlemede yaygın olarak 20kHz ve 50Hz'lik frekanslar yaygın olarak kullanılmaktadır. Deneylerde kullanılan ses ötesi temizleme cihazında 37kHz – 42kHz arasındaki frekans değerleri kullanılmıştır.

2.2 Kavitasyon

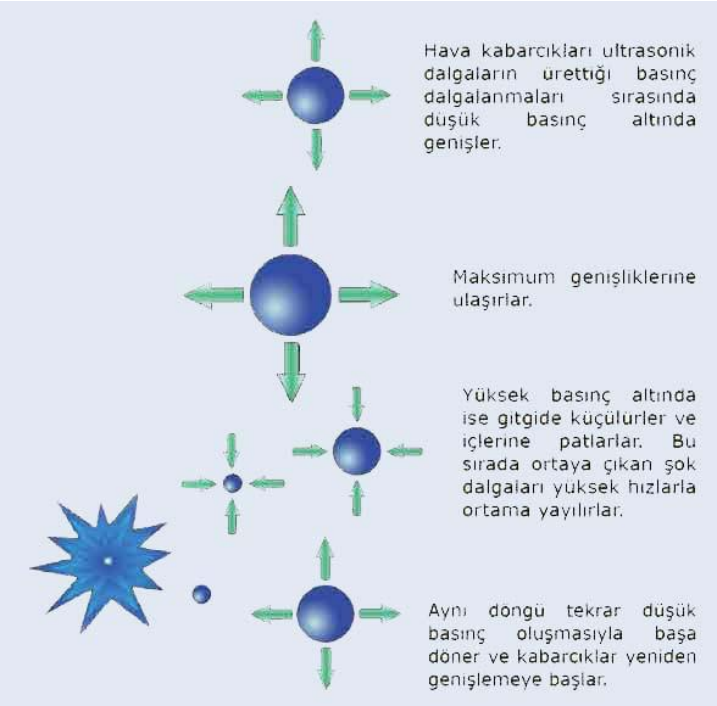
Sıvı içerisine uygulanan ardışıl mekanik darbeler sonucu mekanik darbenin şiddetine, frekansına ve sıvının yoğunluğuna bağlı olarak oluşan vakum boşluklarıdır ve bu olay bir takım hadiseler silsilesi ile gerçekleşir. Sıvı içerisinde çoğunlukla gözle görülemeyecek kadar küçük kabarcıkların oluşmasına denilmektedir. Yüksek yoğunluklu ultra ses kavitasyon, mikro salınımlar ve ısıtma gibi bazı özel etkiler meydana getirebilir.

Suslick, 1994 yılında yayımlanan çalışmasında kavitasyonu sadece sıvıların içerisinde, kabarcıkların biçimlenmesi, büyüme ve ani patlaması aşamalarından oluştuğunu tanımlanmıştır. Boşluğun genişlemesi ve içine çökmesi çevre şartlarına bağlıdır. Boşluğun homojen bir sıvıda çökmesiyle bir katı-sıvı arayüzüne yakın noktada çökmesi arasında oldukça fark vardır. Ultrases sıvı içerisinden geçerken,

genleşme dalgaları molekülleri birbirlerinden uzaklaştıracak negatif basınç uygular. Eğer bu ultrases yeterince yoğunsa genleşme dalgaları sıvı içerisinde boşluklar yaratır[5].

Bu negatif basınç, sıvının tipine ve saflığına bağlı olarak değişen, yerel gerilme direncini aştığı durumlarda meydana gelir. Kavitasyon çekirdeklenme süreci, gaz içeren küçük parçacıklar ya da önceki kavitasyon olayında kalan geçici mikrokabarcıklar gibi sıvı içerisinde önceden var olan zayıf noktalarda başlar. Çoğu sıvıya, kavitasyon daha orta dereceli negatif basınçlarda başlansın diye küçük parçacıklar eklenir. Ultra sesle oluşan küçük gaz kabarcıkları ses dalgalarından enerji çeker ve büyür. Boşluk gelişimi sesin yoğunluğuna bağlıdır. Yüksek yoğunluklarda küçük bir boşluk aniden büyüyebilir. Eğer ses dalgasının genleşme yarı çevriminde boşluk genişlemesi yeterince hızlıysa, sıkıştırma yarı çevirmi boyunca tekrar sıkışmaya zaman bulamaz. Daha az akustik yoğunluk altında boşluklar, düzeltilmiş difüzyon denilen yavaş bir süreçle büyür. Bu koşullar altında boşluk birçok genleşme ve sıkıştırma çevrimi boyunca salınacaktır. Salınımlar sırasında yüzey alanına bağlı olarak boşluktan içeri ya da dışarı geçen gaz ve buhar miktarı, genleşme sırasında sıkıştırmaya göre oldukça fazladır. Buna göre her bir genleşmede boşluk büyümesi, sıkıştırmada büzülmesinden daha fazla olacaktır. Böylece devam eden akustik dalgalar boyunca boşluk büyüyecektir[5].

İşte ses ötesi temizleme, bu şok dalgalarının sıvı içindeki temizlenmesi istenen materyalin yüzeyine büyük bir hızla çarparak fırçalama etkisi yapmasıyla oluşur[6]. Ses ötesi temizleme, elle yapılan temizlemeye göre 16 kat daha fazla etkili olabilmektedir[6].



Şekil 2.2 : Sıvı içerisinde kavitasyon oluşumu [7].

Bu şekilde boşluğun farklı basınç alanları altında genişlemesi, ufalarak salınımına devam etmesi veya kritik boyuta gelince içine çökmesi gösterilmiştir. Boşluk yeterli miktarda ultra ses yayılımından enerji çektikten sonra kritik noktaya ulaşır. Bu kritik nokta, rezonans boyutuna, sıvıya ve sesin frekansına bağlıdır. Örneğin; 20kHz frekansta, boşluk boyutu yaklaşık 170 mikrometredir. Tam bu kritik noktada boşluk tek bir ses dalgası boyunca aniden büyür. Boşluk bu büyümüş haliyle artık yüksek ya da düşük ses yoğunluğu altında daha falza enerji absorbe edemez. Enerji girişi olmadan da boşluk kendini koruyamaz ve çevreleyen sıvı içeri dolmaya başlayarak boşluğun yıkılma patlamasına neden olur. Bu patlamalar genelikle ultra ses dalgalarının yoğunluğu, akustik kavitasyon oluşma eşiğini aştığı zaman meydana gelir. Örneğin; bu eşik değer 20 kHz' e maruz kalan sıradan bir sıvı için birkaç W/cm2 'dir[5, 8, 9].

Kavitasyon doğanın bilinen en etkili ve en etkili enerji yoğunluğu yükselticisidir. Her kabarcık çökmesi, yerel sıcaklığın 5000 °C ve basıncın 1000 atmosfer değerini aşmasına neden olur. Fakat ömrü 0.1 saniyeden kısadır, ısıtma ve soğutma oranları saniyede 10 milyar °C' den fazladır[5, 9].

Kabaca bir kıyasla bahsedilen değerler sırasıyla, güneşin yüzey sıcaklığı, okyanus dibindeki basınç, bir şimşeğin ömrüne ve kor bir demirin suya daldırılmasından milyonlarca kat fazla soğumasıdır.

2.3 Kavitasyon Çeşitleri[9]:

1.Akustik kavitasyon: Bu durum ultra ses (16 kHz-100 MHz) dalgalarının sıvı içerisindeki basınç değişimlerinden oluşur.

2.Hidrodinamik kavitasyon: Sistem geometirisinin yarattığı hız değişimleri kullanılarak elde edilen basınç değişimleri ile oluşturulur. Örneğin; sistem geometrisine bağlı olarak basıncın ve kinetik enerjinin değişmesi, orifis(açıklık) ya da venturiden(boğumdan) geçen akışta olduğu gibi boşlukların oluşmasıyla sonuçlanır.

3.Optik kavitasyon: Yüksek yoğunluklu ışınların (lazer) sıvı sürekliliğini kesen fotonlarıyla oluşur.

4.Parçacık kavitasyonu: Temel parçacık yayılımı tarafından oluşturulur. Örnek olarak; kabarcık odasında (hareket eden elektriksel olarak yüklü parçacıkların tespiti için kullanılan bir parçacık algılayıcı) olduğu gibi bir nötron yayılımının sıvının sürekliliğini bozması verilebilir.

2.4 Ultrasonik Dönüştürücü

Su ortamında kavitasyon oluşturmak için kullanılan ultrasonik dönüştürücüler elektrik enerjisini mekanik titreşimlere dönüştüren ve tam tersi şekilde mekanik titreşimleri elektiriğe çeviren güç dönüştürücüleridir. Dönüştürücü en basit şekliyle, karşılıklı iki yüzüne elektrot yerleştirilmiş polarize bir malzeme parçasıdır. Polarize malzeme ise bazı molekülleri pozitif yüklü, diğer molekülleri de negatif yüklü olan malzemelerdir.

2.4.1 Dönüştürücü çeşitleri [10]

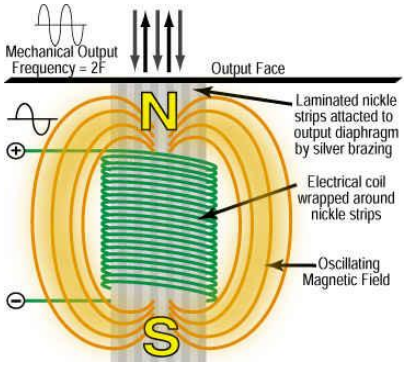
Dönüştürücüler çalışma prensibi itibariyle birkaç çeşitten oluşmaktadır:

Piezoelektrik Dönüştürücü: Malzemeye elektrik alanı uygulandığı zaman, polarize moleküller bu yüke göre kendilerini sıralar. Böylece malzemenin moleküler veya kristal yapısında dipoller meydana gelir. Moleküllerin sıralanması malzemenin boyutunu değiştirir ve bu olguya da Electrostriction denir. Ayrıca kalıcı olarak polarize edilmiş Quartz (SiO2) ya da baryum titan (BaTİO3) gibi malzemeler, mekanik bir kuvvet etkisiyle boyut değiştirdiğinde elektrik alanı oluşturur. Bu olgu da Piezoelektrik etki olarak bilinir.



Şekil 2.3: Piezoelektrik Dönüştürücü[11]

Magnetostrictive Dönüştürücü: Büyük miktarda nikel ya da diğer manyetik malzeme plakaların etrafına bir tel bobin yerleştirilir ve bobinden akım geçirildiğinde manyetik alan oluşur. Bu manyetik alan da malzemenin daralması ve uzamasını sağlar. Böylece ses dalgası oluşur. Tam tersi şekilde de dışarıdan bir kuvvet uygulandığında manyetik alanda değişimler gözlenmektedir.



Şekil 2.4: Magnetostrictive Dönüştürücü[11]

Elektromanyetik dönüştürücü: Bu dönüştürücü mikrofon ve hoparlör zarında da kullanılan katı armatürden yapılır, elektromanyetik alan sayesinde titreşimler oluşturulur.

2.4.2 Kullanım çeşitlerine göre dönüştürücüler

Temaslı dönüştürücü: Temizlenecek yüzeye doğrudan temas ettirilerek kullanılır. Yani yıkama tankının herhangi bir bölgesinin dış yüzeyine monte edilir. Bunun için ısıya dayanıklı yapıştırıcı ya da özel vidalar kullanılır.

Daldırmalı dönüştürücü: Sıvı içerisine daldırılarak ses dalgalarının yayılımı sağlanır. Daldırmalı tipi ve temas tipli dönüştürücülerin en büyük farkı içine konuldukları hazne yani kasalarıdır. Daldırma olanları su geçirmeyecek şekilde özel kalıplara yerleştirilir. Genellikle daldırma tipli dönüştürücüler çoklu ve sıralı biçimde bir hazneye monte edilir ve bu kapalı bu kutu suyun içine yıkama tankının duvarlarına ya da tabanına yerleştirilerek kullanılır. Endüstriyel ultrasonik temizleme banyolarında daha fazla ultrasonik güç gerektiği için bu kullanım oldukça uygundur. Labaratuvar uygulamalarında ise çoğunlukla kalem tipinde olan daldırmalı ultrasonik transdesur tercih edilmektedir.

Yüksek yoğunluklu odaklı ultrasonik dönüştürücü: Genelde medikal operasyonlarda kullanılan yüksek frekanslı ses dalgalarının bir noktaya odaklayarak ileten cihazdır. Yüksek yoğunluklu odaklı dönüştürücüler ise adından da anlaşılacağı gibi ses dalgalarını belirli bir mesafece odaklar. Odaklama mesafesi kullanılan lense göre ayarlanabilir. Odaklı dönüştürücüler çok yüksek mertebelerde enerji açığa çıkarabilirler bu nedenle kullanım sırasında özen gösterilmelidir. Odak noktasına kadar olan bölge içerisine zarar görmesi istenmeyen maddeler yerleştirilmemelidir. Yüksek kavitasyon etkisini odaklaması sayesinde kanser tedavisinde noktasal olarak kanserli doku tahribatinda kullanılmaktadır.

2.5 Kavitasyon yoğunluğuna etki eden faktörler

Kavitasyon yoğunluğu, şiddeti, kabarcık sayısı değişik parametreler tarafından etkilenir. Kabarcığın içine çökmesiyle oluşan şok dalgasının şiddeti doğrudan kabarcık boyutuyla alakalıdır. Daha büyük boyuttaki kabarcık daha güçlü bir şok dalgası üretir. Boyutu ise frekans belirler. Bu ikisi arasında ters bir orantı vardır, düşük frekansta daha büyük boyutlu kabarcık oluşurken yüksek frekansta kabarcıkların boyutları küçüktür. Bunun nedeni düşük frekanslarda kabarcığın gelişmesi için daha fazla zaman aralığı bulunmasıdır. Fakat yüksek frekansta daha çok sayıda kabarcık oluşurken, düşük frekansta bu sayı oldukça azdır. Buradan bir yaklaşımla az sayıda ama büyük boyutundan dolayı yüksek enerjili kabarcıklar

içeren bir düşük frekanslı sistemle, çok sayıda düşük enerjili küçük kabarcıklar içeren başka bir sistemin aynı enerjiyi sağlayabileceğini söyleyebiliriz. Patlamanın şiddetini belirleyen diğer faktör ise her bir kabarcığın içerisindeki gaz ya da buhar miktarıdır. Eğer kabarcığın içerisinde daha az gaz ya da buhar varsa patlama daha güçlü olur. Oldukça fazla miktarda oluşan kabarcıklar ve bunların patlaması, yüzeyde şiddetli yerel gerilmeler oluşturur ve zarar görmesine neden olur. Bir yüzeyin kavitasyona olan hassaslığını belirlemek için boyutsuz bir büyüklük olan kavitasyon parametresi kullanılır[12].

Sıcaklık kavitasyon miktarını arttırmak için en önemli parametredir. Sıcaklıktaki değişimler viskozite, gaz çözünürlüğü, difüzyon hızı, buhar basıncı gibi kavitasyonu etkileyen parametreleri de değiştirir. Kavitasyon yoğunluğunu arttırmak için viskozite değeri minimum olmalıdır, çünkü viskoz sıvılar kabarcıkların çabuk oluşmasına izin vermez ve patlamalar şiddetli olmaz. Çoğu sıvının viskozitesi sıcaklık arttıkça düşer. Ayrıca sıvı içerisinde çözünmüş gazlari kavitasyonun kabarcık gelişme evresinde ayrışır ve patlamanın şiddetli olmasını önler. Çözünmüş gaz miktarı sıvı sıcaklığı artmasıyla azalır.Yüksek sıcaklıklarda çözünmüş gazların difüzyon hızında artış olur. Buharlı kavitasyon, kabarcıkların ortam sıvısının buharıyla dolu olduğu en etkili kavitasyondur. Ancak kaynama sıcaklığına ulaşıldığında, kavitasyon yoğunluğu sıvı kaynamaya başlayınca azalır. Enerji, kavitasyon eşiğinin üzerine çıkatılırsa kavitasyon sabitlenir ve ancak odaklama teknikleri kullanarak arttırabilir[12].

Frekans: Kavitasyon üzerine en etkili parametrenin frekans olduğunu söyleyebiliriz. Düşük frekansta genleşme ve sıkıştırma çevrimleri arasında geçen sürenin boşluğun büyümesi için daha fazla olduğu bilinirken, yüksek frekansta tam tersine daha küçük ama daha fazla sayıda kabarcık oluşmaktadı[8].

Güç: Kavitasyon eşiği için minimum bir güç gerekmektedir. Enerji çok düşükse çok az oluşabilir ya da bu eşiğe hiç ulaşmayabilir. Kavitasyon eşiğinin üzerindeyken daha fazla güç vermenin tek etkisi, aynı kavitasyonel enerjiye sahip daha fazla kabarcık üretmektedir. Genellikle güç artışı ultrasonik etkinin de artmasına neden olur fakat bir noktada üretilen kavitasyon kabarcıkları güç aktarım verimini düşürmeye başlar bu nedenle güç her durumda optimize edilmelidir[8].

Basınç: Sıvı buhar basıncı düşük uçucu sıvılar, düşük akustik güçlerin kavitasyonunu güçlendirir ve buhar dolu kabarcıklar üretir. Ancak bu kabarcıkların patlaması buharla tamponlandığı için daha az enerji verir [8]. Dış basıncın artması kavitasyonun başlaması için daha düşük basınç gerekmesi demektir. Bundan daha önemli bir unsur dış basıncın artmasıyla kavitasyonel patlamanın şiddetlenmesi sonucu ultrasonik etkide artış görülmesidir[8].

Sıcaklık: Sıcaklık arttırılınca sıvının buhar basıncı da artar ve kabarcıkların içine daha fazla buhar girerek patlamanın şiddeti düşürür. Sıvının sıcaklığı arttığında kabarcık sayısı da çoğalır ve kavitasyon daha da yoğunlaşır. Diğer bir taraftan, sıcaklık yükselirken kabarcıkların içerisindeki gaz içeriği de yükselir böylece kabarcıkların patlama şiddeti azalır. Sıcaklığı bu zıt etkilerini düşünürsek optimum bir sıcaklık değerinde kavitasyon en yoğun olabileceği çıkarımı yapılır[13].

Sıvı viskozitesi ve yüzey gerilmesi : Viskozite kayma (shear stress anlamında) kuvvetlerine karşı direnç demektir ve viskoz sıvılarda kavitasyon oluşumu daha zordur. Yüksek viskozite değerlerinde kavitasyonun daha zor oluşması, daha çok giriş gücü gerektirir ve baloncukların birim hacim başına daha az sayıda olmasına rağmen çökmeleri daha etkilidir. Sıvı ortamın yüzey gerilimlerinin, konsantrasyonun yani viskozitenin ultrasese etkisi olduğu bilinmektedir. Kavitasyon sıvı-gaz ara yüz üretimi gerektirir, bu nedenle düşük yüzey gerilmeleri kavitasyon eşiğini düşürür[8].

2.6 Kavitasyon ve Ultrasonik Güç Ölçüm Yöntemleri

Kavitasyon yoğunluğunu, aktivitesini ve şiddetini ölçmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Sıcaklı farkı, basınç değişimlerini belirlemek, aluminyum folyo üzerinde aşınım miktarına göre karar vermek ya da enerjimetre ile ölçüm almak en bilinen yöntemlerdir. Kavitasyon enerjisini belirlemek, sistemin etkili olup olmadığına karar vermede, gücün ne kadar etkili olacağını belirlemede ayrıca sistemde kavitasyon oluşmayan noktaları ayırt etmede yararlı olacaktır.

2.7 Ses Ötesi Temizleme Sistemlerinin Kullanım Alanları

Ses ötesi teknolojisinin, yüzey kaplama-boyama öncesi temizleme işlemleri, laboratuvar ortamları, kuyumculuk sektörü, elektronik sanayi… vb. gibi endüstriyel anlamda çok yaygın kullanım alanı mevcuttur. Günümüzde de, ülkemizde ses ötesi

teknolojisi, doğru anlaşıldığı ve uygulamalı sonuçla beraber sunulduğunda, giderek iyi bilinen ve pek çok alanda kullanılan bir teknoloji olacaktır. Ses ötesi uygulamaların dünyada ve ülkemizde kullanılan uygulama alanlarından kısaca bahsedelim.

ENDÜSTRİDE: Kaynak ve ısıl işlem sonrası oluşan oksit, tufal gibi artıkların temizlenmesinde kullanılabilmektedir[7].

TEKSTİL SANAYİDE: İplik çekme ve taşıma makaralarının, yataklarının temizliğinde, mekik ve iğnelerinin temizliğinde ses ötesi teknolojiden yararlanılmaktadır[7].

ELEKTRONİK SANAYİDE: CD sürücü, çip, bilgisayar kartı gibi parçaların temizliğinde ses ötesi yıkama kullanılabilmektedir[7].

GÖZLÜK ve SAATÇİLİKTE: Optik mercek, organik ve mineral camların, makine aksamlarının, yağlı yada tozlu saat parçalarının temizliğinde ses ötesi yıkama yapılabilir[7].

GIDA SANAYİİDE: Gıda sektöründe kullanılan ekipmanların, kapların, taşıma kasalarını temizliğinde uygulama alanları mevcuttur[7].

KUYUMCULUK SEKTÖRÜNDE: Kuyumculuk ürünlerinin, değerli ve yarı değerli taşların, cila sonrası cila pastası kalıntılarının, zincir üretiminde yağ kalıntılarının temizliğinde, mağazalarda zincir, yüzük, bilezik gibi ürünlerin tek tek veya topluca temizliğinde ve bijuteri, gümüş eşya imalatçılığı (tabak, şamdan vb. temizliği), saat aksamı, ufak mekanik parçalar, küçük aletler, hassas parçalar üreten mekanik atölyelerde ses ötesi teknolojiyi kullanabilirsiniz[7].

YÜZEY KAPLAMA,BOYAMA SANAYİDE: Yüzey kaplama ve boyama işlemi görecek malzemelerin, işlem öncesi yüzey temizliğinde kullanılan çok yaygın bir yöntemdir[7].

BEYAZ EŞYA, ELEKTRONİK EŞYA TEKNİK SERVİSLERİ: Tamiratı yapılacak elektronik yada mekanik aksamlar ile kullanılan el aletlerinin temizliğinde yararlanılmaktadır[7].

OTOMOTİV YAN SANAYİDE: Kesici takım ve kalıplar üzerine ultra sert kaplama öncesinde ve benzeri kaplama işlemlerinde yüzeylerin hassas temizliğinde, tam temizlik gerektiren dişliler, yaylar, filtreler, borular, menteşeler, rulman ve fırçaların temizliğinde, yağ alma ve temizlik gerektiren her tür uygulamada kullanılmaktadır[7].

REKTİFİYECİLER VE OTOMOBİL TEKNİK SERVİSLERİ : Motor yenilemede motor parçalarının yıkanmasında, araç bakım ve tamiratında, yağ, toz, pas….vb. gibi kirlilik istenmeyen, tüm parçaların ve kullanılan el aletlerinin temizlenmesinde yararlanılmaktadır [7].

DİŞ LABORATUARLARINDA: Hassas protezlerin temizliğinde kullanılır[7].

HASTANE VE AMELİYATHANELERDE: Cerrahi aletlerin, protezlerin temizliğinde, laboratuvar aletlerinin temizliğinde, dövme iğneleri, püskürtme memeleri, fırçalar ve filtrelerin temizliğinde. Tanktaki sıvı değiştirilmeden, içine sterilizasyon sıvısı konulmuş cam kaplar (beherler) daldırılmak suretiyle de yıkama yapılabilir [7].

2.8 Ses Ötesi

İnsan kulağı ortalama 10-20kHz'lik ses dalgalarından daha tiz olanları duyamaz. İnsan kulağının duyma sınırının üzerinde bulunan ve 20kHz-100kHz mertebesindeki ses işaretlerine ultrasound (ses ötesi) denir.

Ses dalgalarının frekansı onun tonunu belirler. Düşük frekanslı dalgalar kalın tonda (bas), yüksek frekanstaki dalgalar ince tonda (tiz) ses oluştururlar. 20kHz'in üzerindeki sesler genellikle ses ötesi olarak dikkate alınırlar ve 20-120 kHz aralığındaki ses dalgaları da ses ötesi temizlik için kullanılır, fakat daha yüksek frekanslara da (Örneğin 400 kHz) çıkılmıştır. Endüstrideki temizliklerde en çok kullanılan frekanslar 20-50 kHz arasındadır. 50 kHz'in üzerindeki frekanslar masaüstü ses ötesi temizleyicilerde, bunlar da daha çok kuyumculuk, diş hekimliği ve yarıiletken alanlarındaki temizlik işlemlerinde kullanılmaktadır.

2.9 Ses Dalgası ve Ortamlardaki Yayılımları

Ses ortamda dalgalar halinde yayılır. Fiziksel anlamda bu durum ortamı oluşturan moleküllerin titreşimi olarak da ifade edilebilir. Bu titreşim daha net bir biçimde, moleküllerin enerji aktarımı sırasındaki davranışları olarak açıklanabilir. Sesin bir yerden bir yere iletilmesi enerji aktarımıdır. Ortam sesin yayılmasında çok önemli bir rol oynarken aynı zamanda da hareketsizdir. Ortam ses ile birlikte yer değiştirmez ancak maddesel ortamı oluşturan moleküller, üzerlerine etkiyen basıncı (enerjiyi) komşu moleküle aktarmak üzere salınım hareketi yaparlar. Bu salınım hareketinin

doğal sonucu, molekülün sonunda salınıma başladığı konuma geri dönmesidir. Sonuç olarak madde sesin taşınmasında bir vasıta olmakta ancak konumunu değiştirmemektedir.

Dalgaların yayılması ile ilgili önemli bir husus da dalganın taşındığı ortamdaki moleküllerin hareketidir. Dalga, ortamda hareket eden birtakım sıkışma ve genleşmeler olarak düşünülebilir. Sesin iletildiği ortama göre hızı değişebilir.

Çizelge 2.1 : Sesin değişik ortamlardaki yayılma hızı [14].

Ses Dalgasının Değişik Ortamlardaki Yayılma Hızı	
Sıfır Derecedeki Havada	331 m/s
20 Derecedeki Havada	343 m/s
0 Derecedeki Helyum Gazı	972 m/s
25 Derecedeki Suda	1493 m/s
Deniz Suyunda	1533 m/s
Alüminyumda	5100 m/s
Bakırda	3560 m/s
Kauçukta	54 m/s

3.SES ÖTESİ TEMİZLEME

3.1 Ses Ötesi Temizlemenin Temel Prensibi

Mikroskobik fırçalama olarak da tanımlanan ses ötesi temizlik, sıvının ses dalgaları ile belirli bir hızla çalkalanması prensibine dayanmaktadır. Normal temizlikte fırçalar bazen tüm yüzeylere ulaşamaz. Ses dalgalarının yarattığı titreşim adeta yüksek hızla fırçalamayı andırmaktadır. Su 60°C sıcaklık ve atmosferik basınç altında (1 Bar) sıvı halde iken, basınç 0.8 Bar'ın altına düşürüldüğünde buharlaşmaya başlayacaktır. Ses ötesi dalgalar sıvıda çok hızlı basınç artış ve azalmalarına neden olurlar. Bu basınçtaki ani azalmalar ile suda gaz kabarcıkları oluşur ve basıncın yine ani artışı ile de kabarcıklar çöker. İşte gaz kabarcıklarının suda yarattığı bu hareketlenmeye "kavitasyon" denilmektedir. Ses ötesi dalgaların frekansının ayarlanması da önemlidir. Yüksek frekanslarda oluşan kabarcık sayısı artmakta ancak her birinin saldığı enerji azalmaktadır. Sonuçta herhangi bir zarar vermeden küçük parçacıklar halindeki kirler kolayca uzaklaştırılmaktadır.

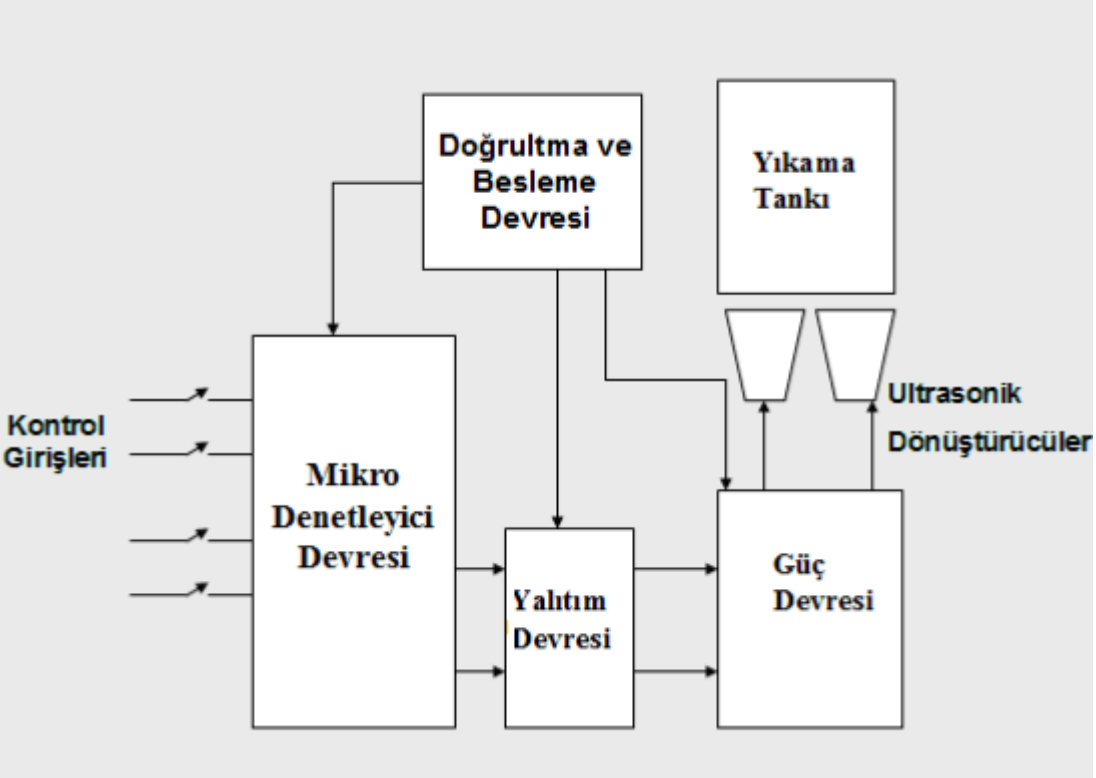
Ses ötesi temizleme sistemi Şekil 3.1' de görüldüğü gibi paslanmaz çelikten yapılmış bir kazan, bu kazanın altına özel bir yapıştırıcı ile yapıştırılmış bir veya birden fazla ses ötesi dönüştürücü, ses ötesi üreteç ve temizleme sıvısından oluşur.

1. Ses ötesi jeneratör(ses ötesi üreteç): Elektriksel güç kaynağı, ses ötesi frekanslardaki elektrik işaretini üretir (37-42kHz).

2. Transduser(ses ötesi dönüştürücü): Elektrik dalgalarını ses ötesi dalgalara çevirir.

3. Temizleme kazanı: Temizleme sıvısı içeren derin küvetlerdir, dip kısımlarında transduserler bulunur.

4.Temizleme Sıvısı: Temizlenecek malzemenin konulduğu sıvı.



Şekil 3.1 : Bir ses ötesi temizleme düzeneği blok şeması

Ses ötesi sinyal üreteçleri yüksek frekanslı sinyalleri (20-120kHz) üretirler. Temizleme kazanının altına yapıştırılmış olan ses ötesi dönüştürücüler(transducers) bu sinyaller ile sürüldüklerinde ses ötesi dalgalar temizleme kazanındaki sıvıda basıncı artmış ve azalmış bölgeler meydana getirir. Bir prob (horn) vasıtasıyla dönüştürücüden yayılan titreşimlerin şiddetleri arttırılır veya azaltılır. Bu basınç dalgaları, temizleme sıvısı içinde mikroskobik milyonlarca kabarcık (vakum boşluğu-baloncukları) oluşturur. Bu kabarcıklar negatif basınç esnasında genişleyerek büyürken, pozitif basınç esnasında şiddetli bir şekilde içeri çökme ile son bulurlar. Bu olay esnasında, 5000°C'lik bir sıcaklık yükselmesi olur[6]. Bu baloncukların içeri çökmesiyle boşalan hacme temizleme sıvısı molekülleri büyük bir hızla hücum ederler. Bu olaya ses ötesi kavitasyon adı verilir[6]. Kavitasyon olayı sonucunda çok hızlı bir şekilde hareket eden temizlik sıvısı molekülleri, parça yüzeyini yaklaşık 7000 atmosfer basıncına varan bir basınçla bombardımana tutarlar [6]. Bunun sonucu olarak parça yüzeyi, istenmeyen kir ve paslardan temizlenmiş olur. Ses ötesi dalgaların etkisinden en iyi şekilde faydalanabilmek için aşağıdaki uyarılara dikkat edilmesi gerekmektedir:

1.Özellikle, mekanik işlemlere duyarlı, paslanmaz çelikten imal edilmiş mikrocerrahi ve dental cihazlarda kullanımı önerilmektedir[15].

2.Fleksibl endoskoplar, lastik ve silikon gibi elastik malzemeler, motorlu sistemler (basit takımlar ve aksesuar parçaları hariç), optikler, kamera sistemleri ve ışık kabloları kesinlikle ses ötesi banyo içinde temizlenemezler[15].

3.Çalışanların kulaklarına zarar vermemesi için cihazın kapağının bulunması yararlıdır[15].

4.Yıkama Kazanı öneriler doğrultusunda doldurulmalıdır[15].

5.Temizleme sıvısı ve temizlenecek cisim kombinasyonunun konsantrasyonu ve suyun sıcaklığı önerilere göre ayarlanmalıdır. Genel olarak tercih edilen sıcaklık aralığı 40-60°C arasıdır[15].

6.Tüm malzemenin tamamen suyun içine battığından emin olunmalıdır[15].

7.Eklemli aletler (makaslar, klempler, pensler) açık olarak konmalıdır[15].

8.Kullanılan tel sepetler, raflar, tutucu elemanlar yapılacak temizliği engellemeyecek şekilde olmalıdırlar[15].

9. Yıkama küvetlerine limitlerin üzerinde malzeme konulmamalıdır[15].

10. Mikrocerrahi aletleri için özel raflar veya uygun tutma tertibatlarının kullanılması gerekmektedir[15].

4. SES ÖTESİ TEMİZLEME MAKİNESİNİN DENEY AŞAMALARI

4.1 Görüntü İşlemede Kullanılacak Yazılımın Seçilmesi

Bilindiği üzere resimler farklı renklere sahip küçük küçük blokların bir araya gelmesiyle oluşur. Yani resimlerin yapıtaşları piksel adını verdiğimiz bu bloklardır. Bahsedilen pikselleri değerler olarak düşünürsek resmi de bu değerlerden oluşan matris olarak düşünmeliyiz.

MATLAB, teknik hesaplamalar ve matematiksel problemlerin çözümü ve analizi için tasarlanmış bir yazılım geliştirme aracıdır. "MATrix LABoratoty" kelimesinin kısaltması olan MATLAB, adından da anlaşılacağı üzere matrisler (matrix) yani diğer bir deyişle diziler (array) ile çalışır. Özellikle mühendislik alanındaki sistemlerin analizinde kullanılan MATLAB, görüntü işleme (image processing), yapay sinir ağları (artificial neural networks), sayısal işaret işleme (signal processing), optimizasyon (optimization), veri elde etme (data acquisation), veritabanı (database), süzgeç tasarımı (fitler design), bulanık mantık (fuzzy logic), sistem kimliklendirme (system identification), dalgacıklar (wavelets) gibi araçları ile bizler için mükemmel bir ortam sunar.

Bu sebeple deneylerinin analizinin yapılabilmesi için MATLAB programı seçilmiştir.

4.2 Folyo Testi ve Önemi

Folyo testi ses ötesi kazanın kabaca ne kadar güçte ve nasıl bir profilde yıkama yaptığını gösteren pratik bir yöntemdir. Folyo, ses ötesi kazana dikey olarak daldırılır. Folyonun kazanda oluşan kavitasyon patlamaları sonucu aşındığı görülür. Bu aşınmaların folyo üzerindeki homojenliği ve derecesi kazanın yıkama kalitesi için başvurulan yaygın test tekniklerindendir. Ucuz ve basit bir yöntemdir. Folyonun üzerinde açılan delikler bize temizlemenin homojenliğini ve temizleme etkinliğini ölçütünü verecektir.

Literatür araştırmalarında karşılaşılan en pratik kavitasyon aktivitesini belirleme yöntemi, alüminyum folyo aşınmasının takibidir. Folyo kesitlerinin sıvı içerisine daldırılıp bir süre akustik kavitasyona maruz bırakılarak deney sonunda alüminyum folyo üzerinde kabarcıkların çökme şiddetine bağlı olarak gözle görülebilecek tahribatın oluştuğu belirtilmiştir. Bu deliklerin konumu ve sıklığının kavitasyon enerjisi hakkında bilgi vermesi, örneğin; düşük frekansın oluşturduğu akustik alanda patlamaların daha şiddetli olacağından daha geniş deliklerin gözlenmesi beklenmiştir.

Bu yöntemi uygulamak için dönüştürücü değişik frekanslarda sürülmüş ve aynı ebatlardaki alüminyum folyo örnekleri suya daldırılarak aşınma testi başlatılmıştır. Burada en önemli noktanın aşınmanın folyonun en zayıf noktasından ya da daha önce hasar almış noktasından başlayacağı düşünülüp, olabildiğince tahrip olmamış, düzgün bir folyo tercih edilmiştir[16].

4.3 Test Adımları

Ses ötesi temizleme kabında 3 dakika süreyle belirli bir frekans ve sıcaklıkta yapılan deneylerde taratılmış olan folyonun hesaplamalar da kullanılacak görüntülerinin hazırlanması adımları anlatılmıştır.



Şekil 4.1: Taratılmış folyonun orijinal görüntüsü

Taratılmış olan folyonun işlemlere başlanmadan önceki ham görüntüsüdür. Deneyler sonucunda oluşan folyonun taratılmış halidir.

Yukarıdaki görüntüde 65°C sıcaklıkta sesin su içindeki hızı 1553.44m/sn'dir. Folyo üzerindeki görüntüyü oluşturan işaretin dalga boyu aşağıdaki formul ile hesaplanabilir.

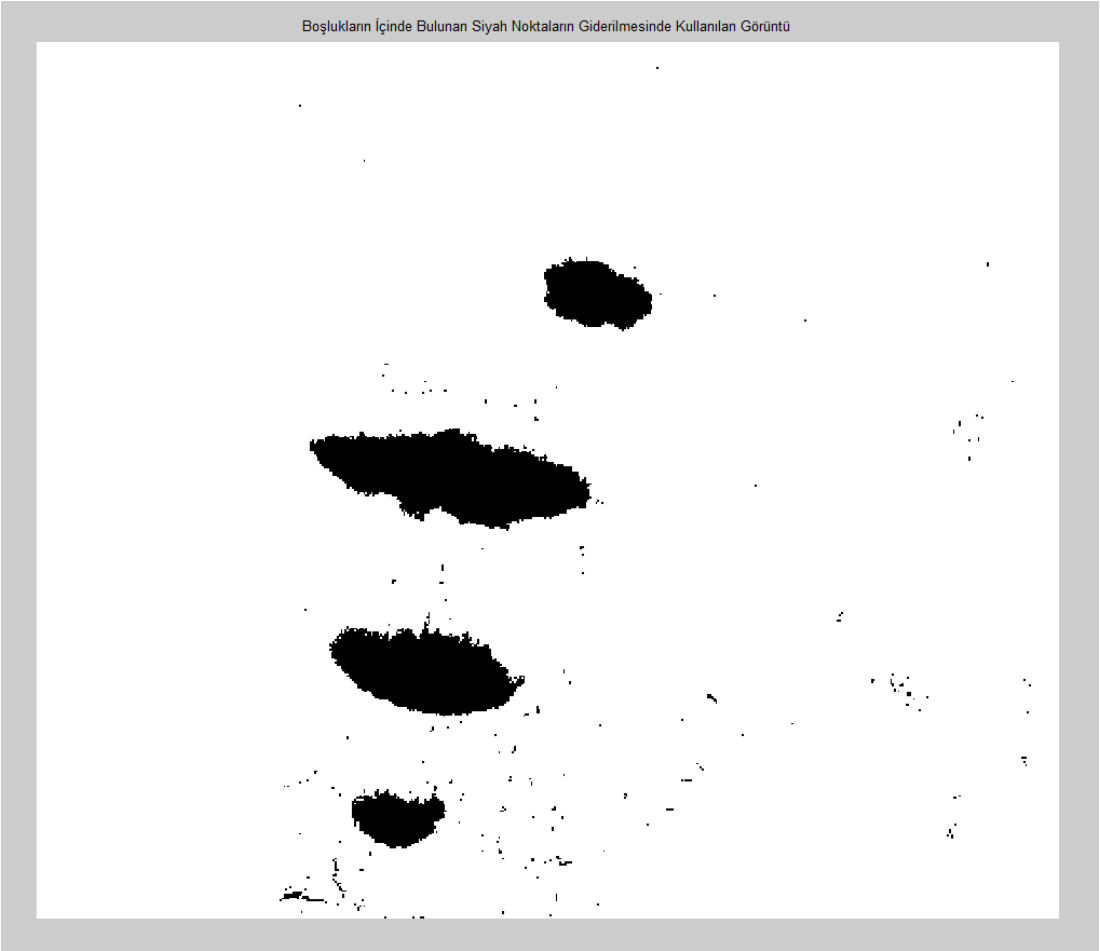
$$Dalga\ Boyu = \frac{\text{Hız}}{\text{Frekans}}$$

65°C sıcaklıkta ve 65 kHz'de yapılan deneylerde dalga boyu=1553/39000=39.82mm olmaktadır. Şekildeki deliklerin birbirine olan ortalama uzaklığı ölçüldüğünde hesaplanan değerle uyumlu olduğu görülmüştür.



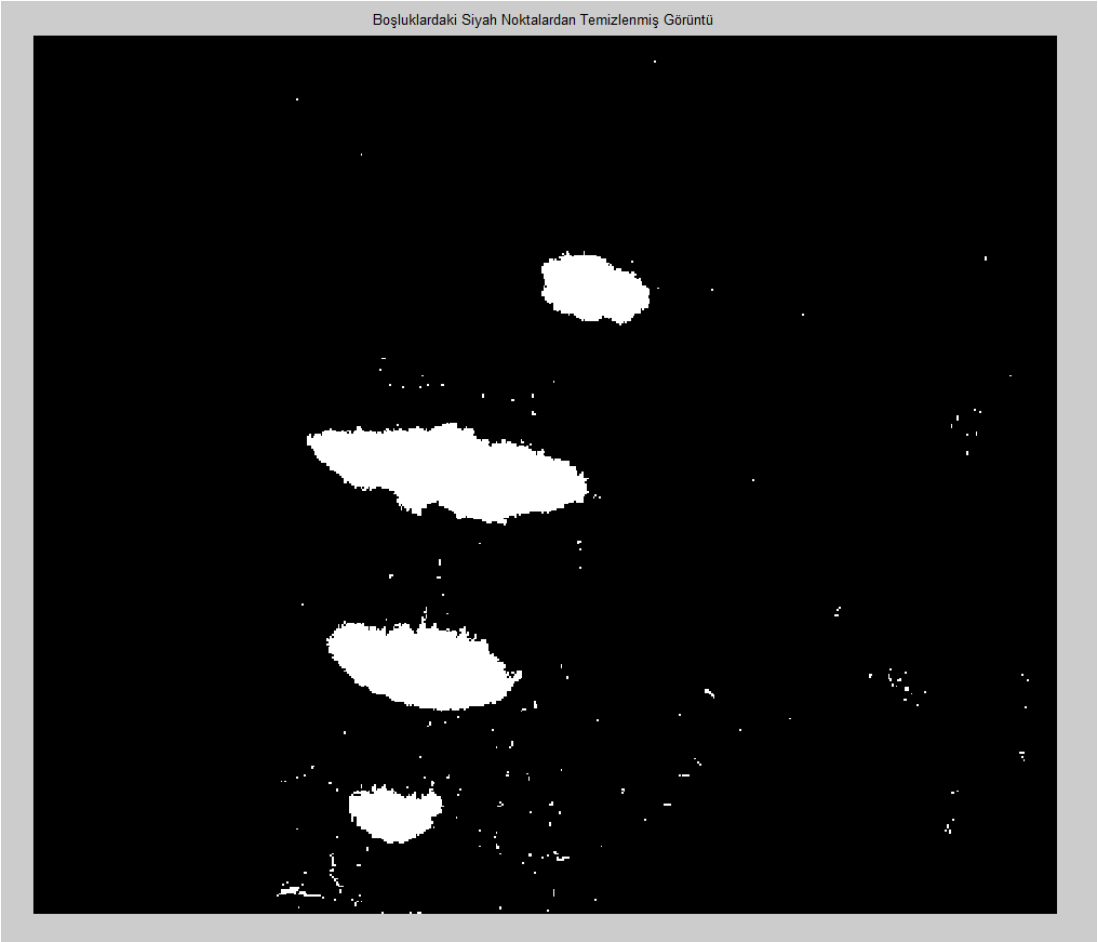
Şekil 4.2: Taratılmış folyonun 2 bitlik görüntüsü

İlk hali gri tonlarda oluşan görüntünün belirli bir eşik değerine(200) göre Siyah(0) ve Beyaza(1) dönüştürülmüş halidir. Bu görüntüde beyaz olarak görünen bölgeler folyo üzerinde açılmış olan deliklerdir. Bu görüntüde beyaz olarak görünen bölgelerde ufak da olsa yapılan işlemler nedeni ile gürültüden kaynaklı siyah noktalar bulunmaktadır. Yukarıdaki şekilde bu siyah noktaların örnekleri kırmızı daireler içerisine alınarak gösterilmiştir. Kullanılan eşik değeri yapılan deneylerde bulunan en optimum değerdir.



Şekil 4.3: Deliklerde oluşan gürültünün yok edilmesi için oluşturulan görüntü

Folyonun beyaz bölgelerde oluşan siyah noktalarından arındırılması için oluşturulmuş görüntüdür. İlk adımda görüntüyü 2 bitlik haline çevirirken seçilen eşik değerinden(200) küçükler siyaha, büyükler ise beyaza çevrilmiş idi. Bu görüntüde ise tam tersi işlem yapılarak eşik değerinden küçükler beyaza, eşik değerinden büyükler ise siyaha çevrilmiştir. Bu görüntüde optimum durumda tek bir beyaz alan oluşması gerekmekteydi, fakat delik bölgelerinin içinde bulunan gürültüler nedeniyle birden fazla beyaz alan bölgeleri oluşmuştur. Buradaki beyaz bölgelerin en büyüğü hariç diğerleri oluşan gürültü sebebiyle oluşan alanlar olduğu için ve deliklerin içinde bulunduğu için bu alanları deliklerin alanına ilave ettik. Bu sayede deliklerin içinde bulunan gürültüler ortadan kaldırılmış oldu.



Şekil 4.4 : Deliklerde oluşan gürültünün yok edildikten sonraki görüntüsü

Yukarıdaki görüntü 2 bitlik bir görüntüdür ve deliklerin içinde bulanan gürültüden (siyah noktalardan) arındırılmış halidir. Bu noktadan sonra görüntü analiz için gerekli kullanılacak olan görüntü halini almıştır. Hesaplama adımlarının hepsinde yukarıda belirtilen görüntü kullanılmıştır.

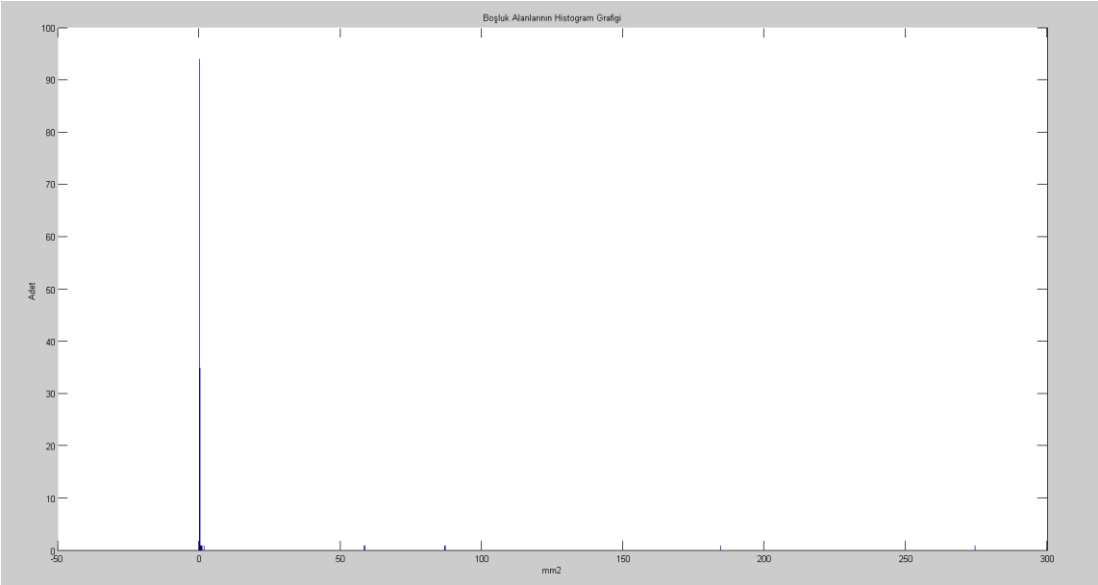


Şekil 4.5: Deliklerin oluşturduğu bölgelerin ağırlık merkezi

Bu hesaplamayı yapılırken her deliğin alanı ve deliğin merkezindeki x ve y koordinatları bulunmuştur. Daha sonra aşağıda belirtilen formüllere göre hesaplanan ağırlık merkezi "X" harfi ile işaretlenmiştir. Deliklerin homojenliği bu "X" noktasının görüntünün merkezine olan yakınlığı ile ilgili bir durumdur.

$$\text{Deliklerin Ortak Ağırlık Merkezinin x koordinatı} = \frac{\sum \text{Delik Alanı} * \text{x koordinatı}}{\sum \text{Delik Alanı}}$$

$$\text{Deliklerin Ortak Ağırlık Merkezinin y koordinatı} = \frac{\sum \text{Delik Alanı} * \text{y koordinatı}}{\sum \text{Delik Alanı}}$$

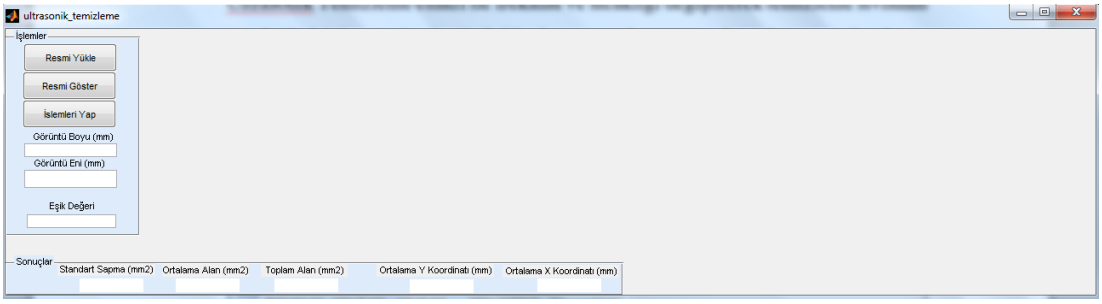


Şekil 4.6: Alanları hesaplanan deliklerin mm^2 cinsinden adetlerinin gösterilimi

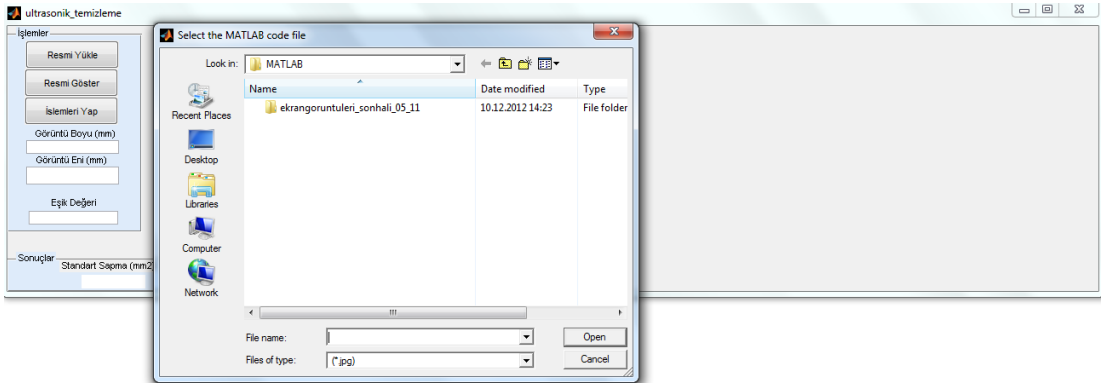
Yukarıdaki histogramda folyoda elde edilen deliklerin 0.01 mm^2 artımla ne kadar sayıda bulunduğunu gösteren grafiktir. Bu grafikten hangi delik alanından ne kadar olduğu görülebilir.

Deneylerin sonucunda temizleme etkinliği ve temizleme homojenliğini analiz etmek amacıyla delik alanlarının standart sapmaları, delik alanlarının ortalama alanları, delik alanlarının toplamı ve deliklerin ağırlık merkezlerinin x ve y koordinatları hesaplanmıştır.

Ses ötesi temizleme cihazı ile frekansı ve sıcaklığı değiştirerek temizleme sıvısının içinde 3 dakika tutularak 63 farklı deney yapılmıştır ve deneyler sonunda oluşan delikli folyolar aşağıda tasarlanmış olan ekran ile tek tek incelenmiştir.

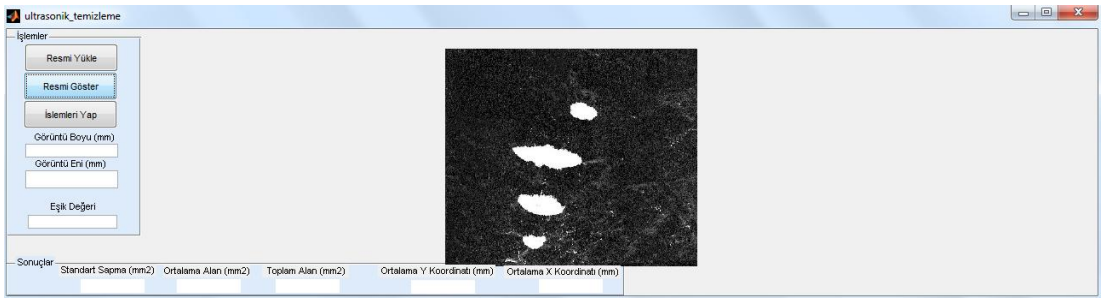


Şekil 4.7 : Deneylerin analiz etmek için MATLAB'de yazılmış ekran



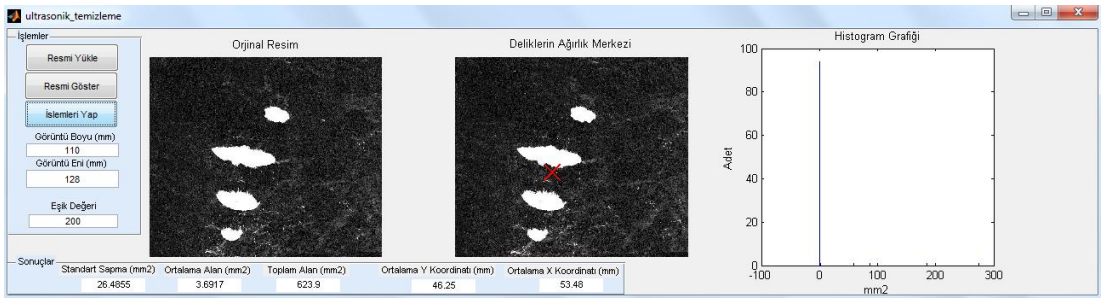
Şekil : 4.8: Resmi yükle butonuna basıldıktan sonraki görüntüsü

Resmi yükleme butonu işlenecek resmin çekilmesi için kullanılan butondur.



Şekil 4.9 : Resmi göster butonundan sonraki durum

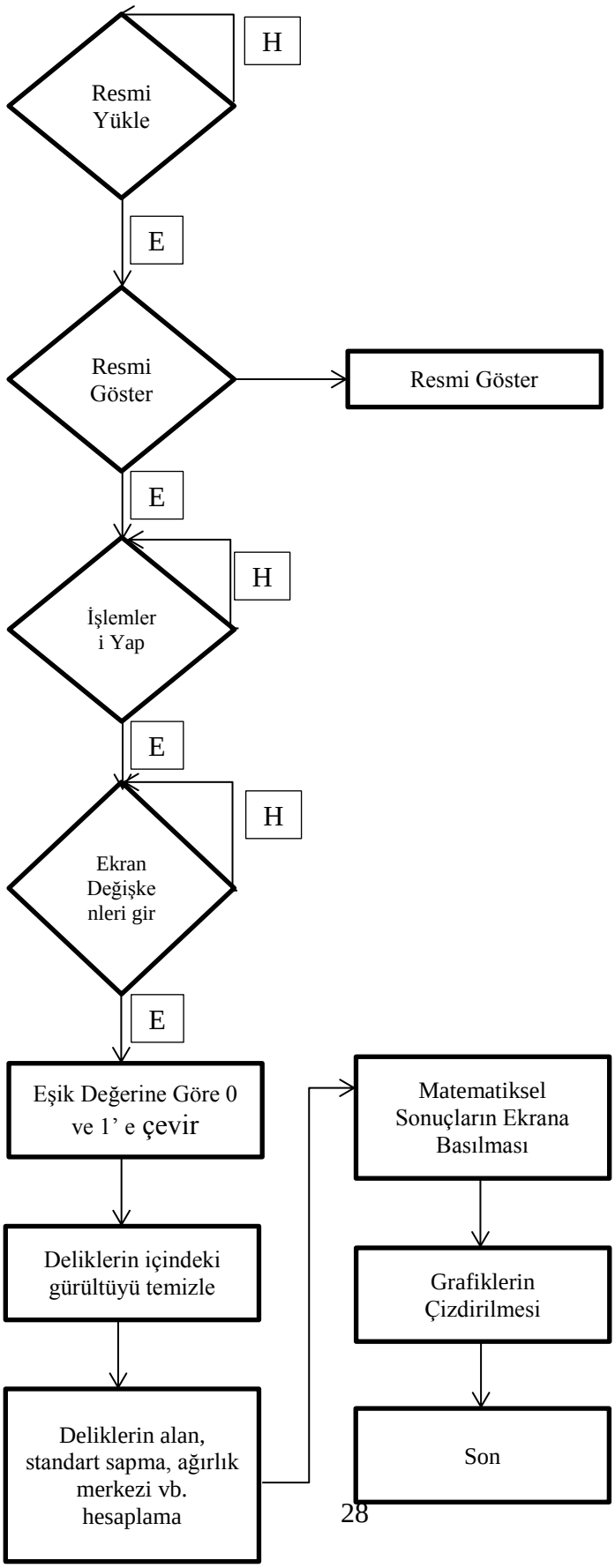
Tüm matematiksel işlemlerin yapılacağı taratılmış folyonun orijinal görüntüsüdür.



Şekil 4.10: İşlemleri yap butonuna basıldıktan sonraki görüntü

İşlemleri yap butonun bastıktan sonra analizde kullanılacak olan parametreler hesaplanmıştır.

4.4 Program Akış Şeması



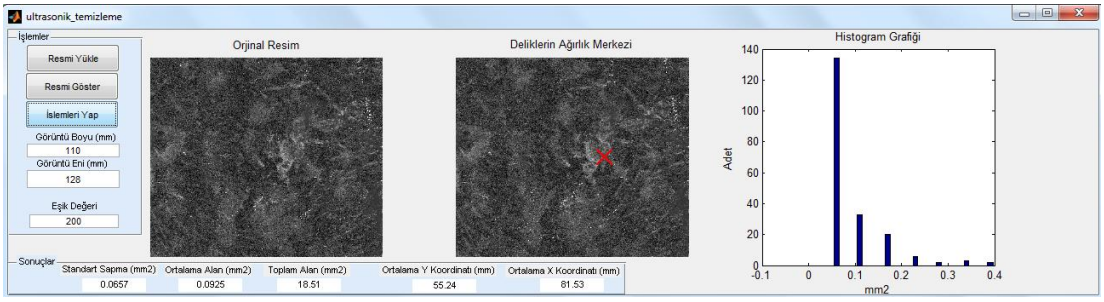
5. FOLYO TESTİ VE SONUÇLARI

5.1 Aynı Sıcaklıkta Frekansa Göre Temizleme Etkinliğinin İncelenmesi

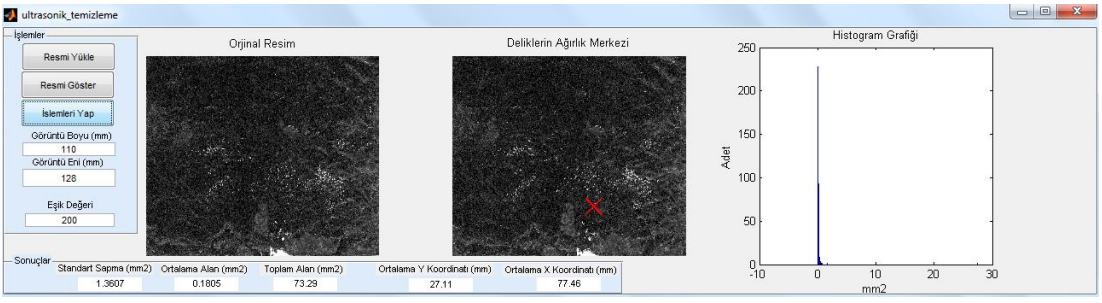
Ses ötesi temizleme etkinliğinin, 37-42kHz çalışma frekansı aralığındaki verimliliğini inceleyebilmek için ses ötesi temizleyicinin diğer parametreleri sabit tutulmuş ve çeşitli frekans değerlerine göre folyo testi yapılmıştır. Kazan içindeki su miktarı 2,5 litre ve çalışma süresi 3 dakika olarak set edilmiştir.

5.1.1 20°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi

Deneylerde Sıcaklık 20°C de sabit tutulmuştur ve Frekans değerleri 37-42KHz aralığındayken deneyler yapılmıştır.



Şekil 5.1 : 20°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.2 : 20°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



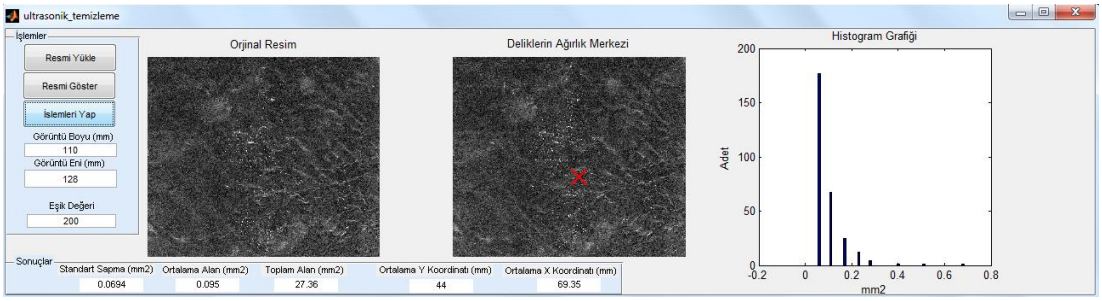
Şekil 5.3 : 20°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



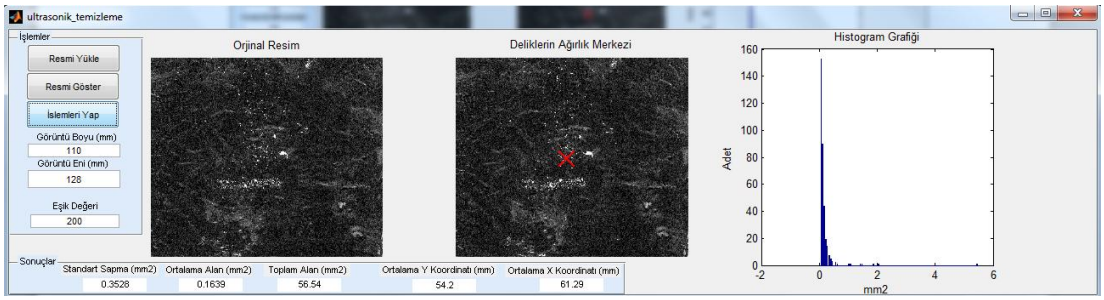
Şekil 5.4 : 20°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.5 : 20°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.6 : 20°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

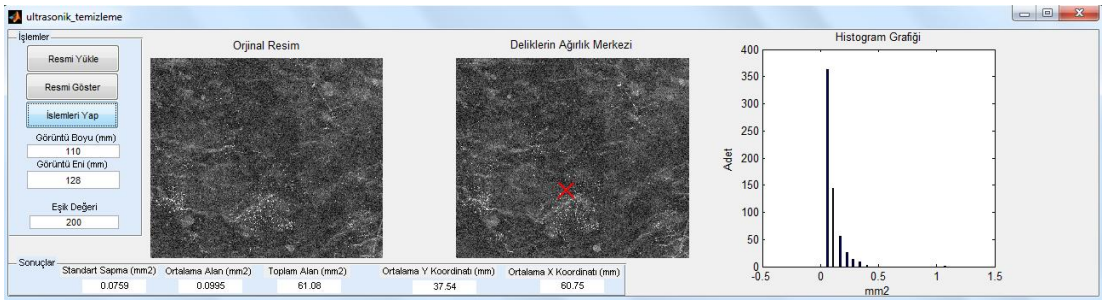


Şekil 5.7 : 20°C sıcaklıkta otomatik taramada (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

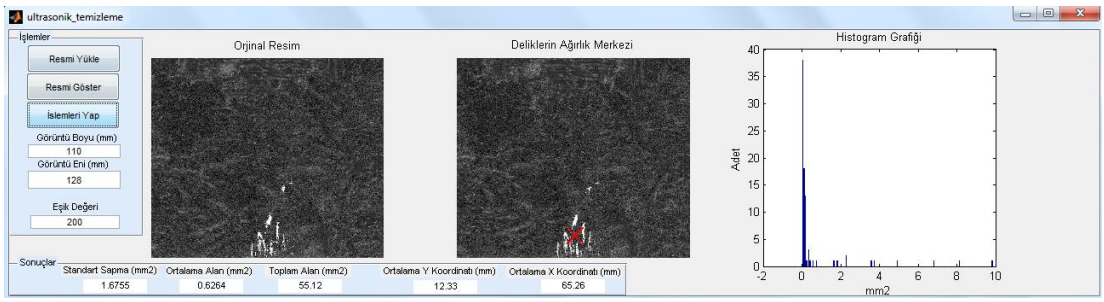
20°C sabit sıcaklıkta, değişen frekansta yapılan deneylerde temizleme homojenliği olarak en verimli temizleme 41kHz'de olduğu, temizlenen alana bakıldığından ise 38kHz'deki temizliğin daha iyi olduğu görülmüştür.

5.1.2 30°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi

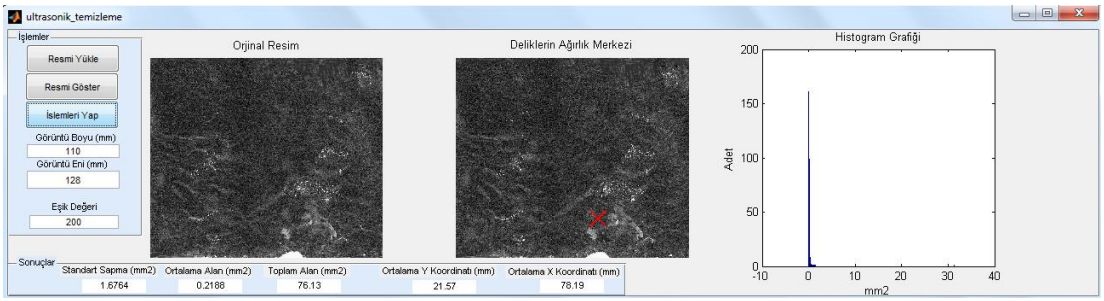
Deneylerde Sıcaklık 30°C'de sabit tutulmuştur ve frekans değerleri 37-42kHz aralığındayken deneyler yapılmıştır.



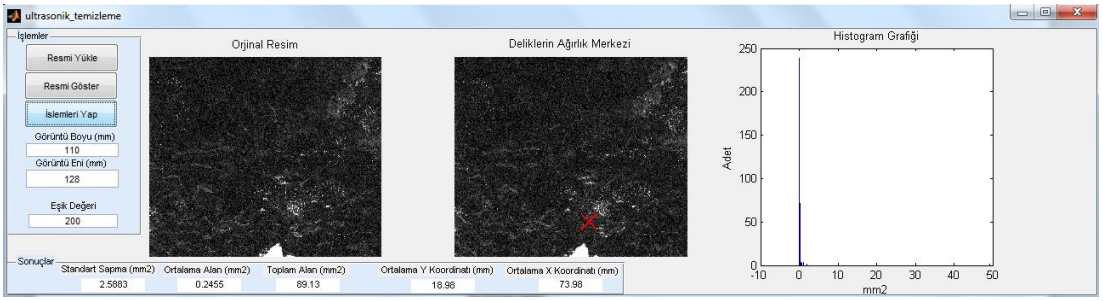
Şekil 5.8 : 30°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.9 : 30°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



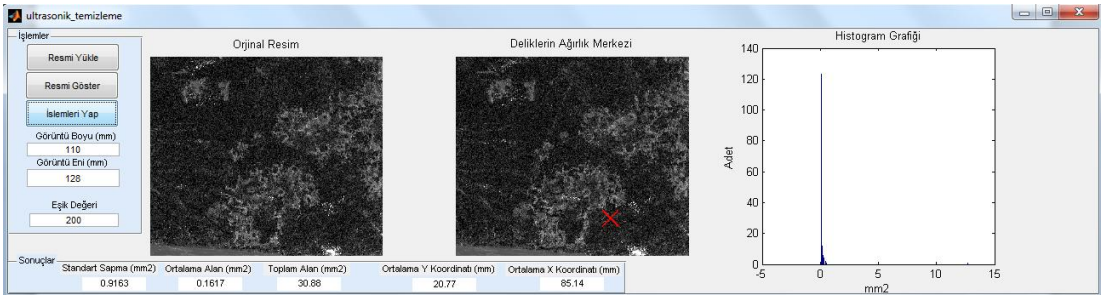
Şekil 5.10 : 30°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



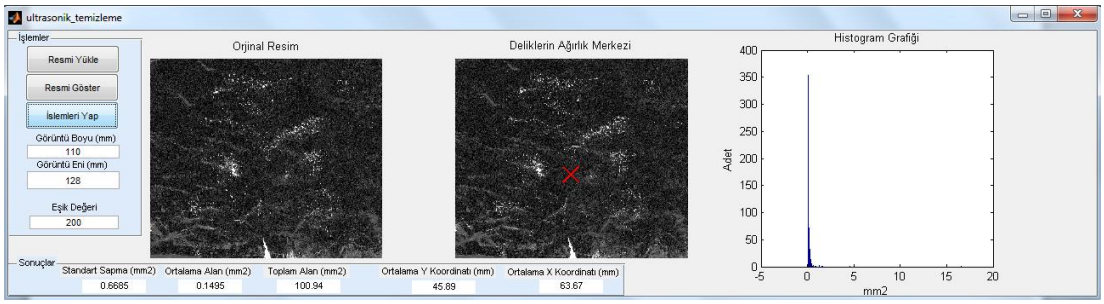
Şekil 5.11 : 30°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.12 : 30°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.13 : 30°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

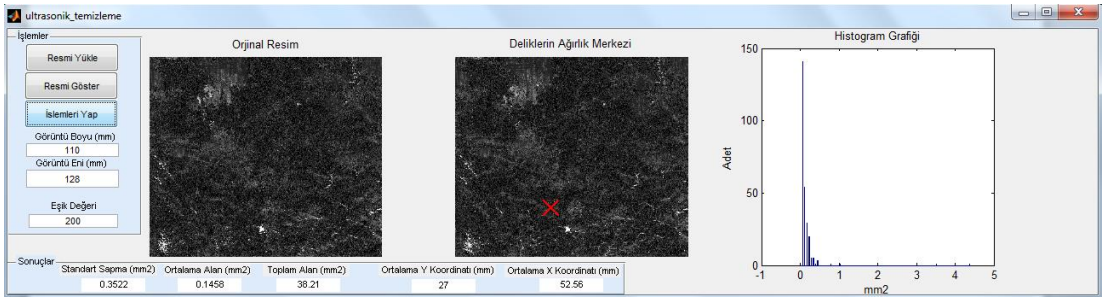


Şekil 5.14 : 30°C sıcaklıkta otomatik modda (38-40)kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

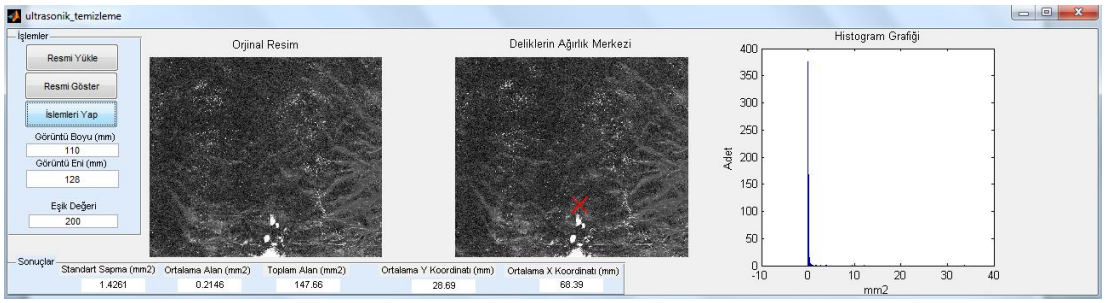
30°C sabit sıcaklıkta, değişen frekansta yapılan deneylerde temizliğin homojenliğine ve temizleme alanına bakıldığından otomatik tarama modunda yapılan temizliğin daha etkili olduğu görülmüştür. 30°C'de en iyi temizleme yöntemi otomatik taramayla yapılan temizleme olduğu görülmüştür.

5.1.3 40°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi

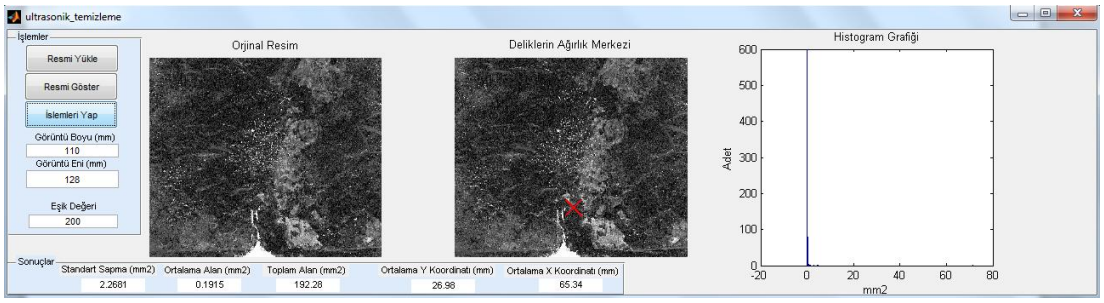
Deneylerde sıcaklık 40°C'de sabit tutulmuştur ve frekans değerleri 37-42kHz aralığındayken deneyler yapılmıştır.



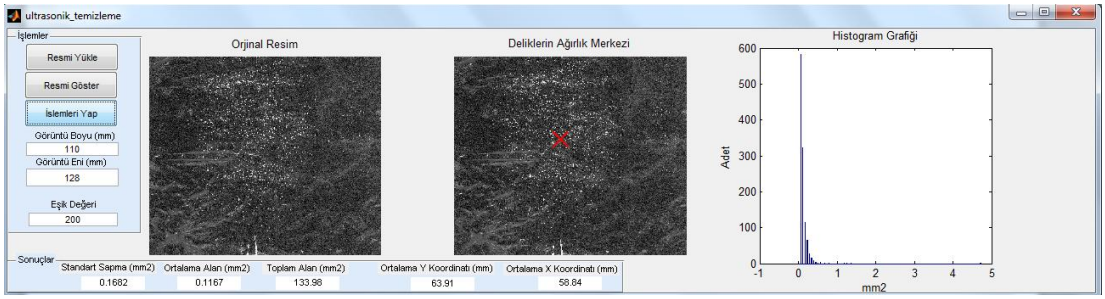
Şekil 5.15 : 40°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



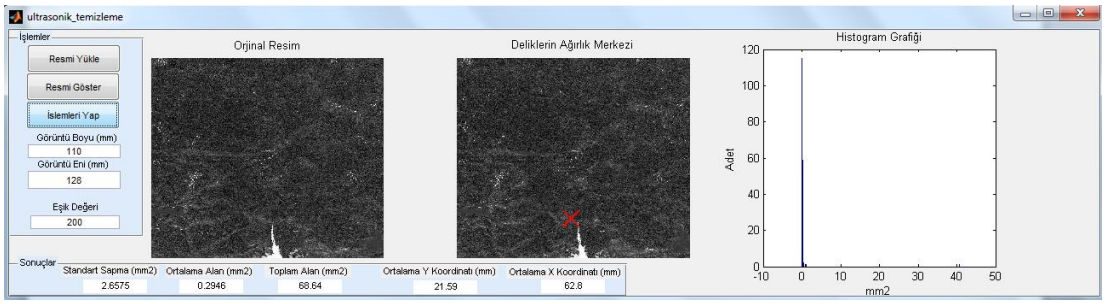
Şekil 5.16 : 40°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



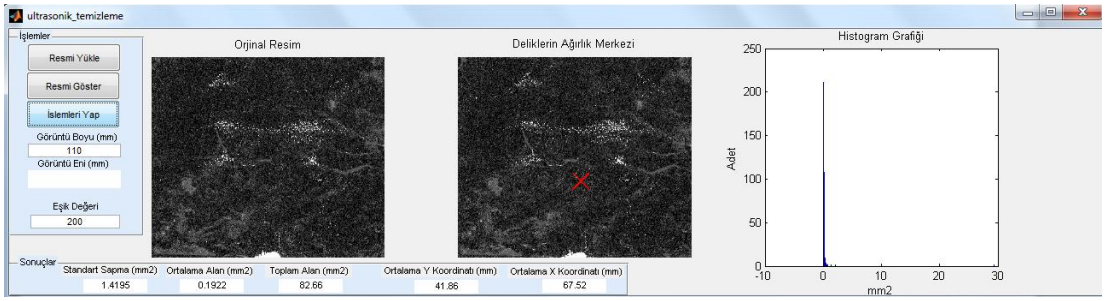
Şekil 5.17 : 40°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



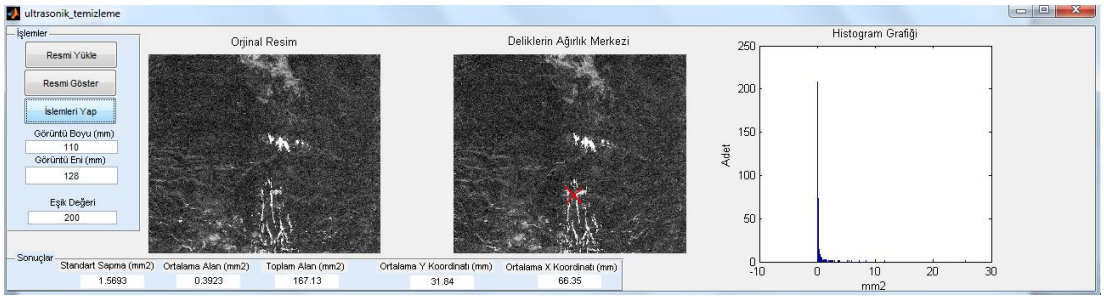
Şekil 5.18 : 40°C sıcaklıkta 40kHz'de Yapılan Deneylerin Sonuçları



Şekil 5.19 : 40°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.20 : 40°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

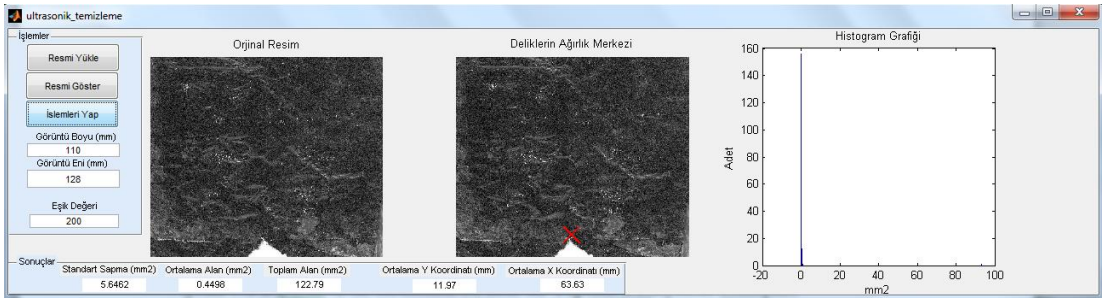


Şekil 5.21 : 40°C sıcaklıkta otomatik modda 38-40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

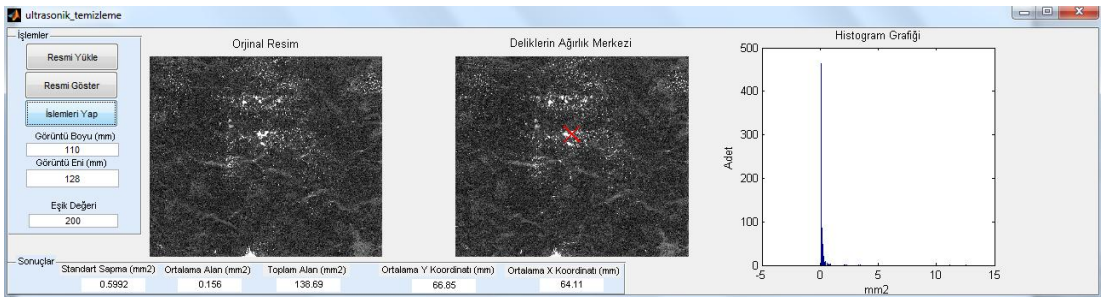
40°C sabit sıcaklıkta, değişen frekansta yapılan deneylerde temizliğin homojenliği bakımından en iyi temizleme 40kHz'deki temizlemede olduğu görülmüştür. Temizleme alanı açısından bakıldığından ise 39kHz'de yapılan temizliğin daha etkili olduğu görülmüştür.

5.1.4 45°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi

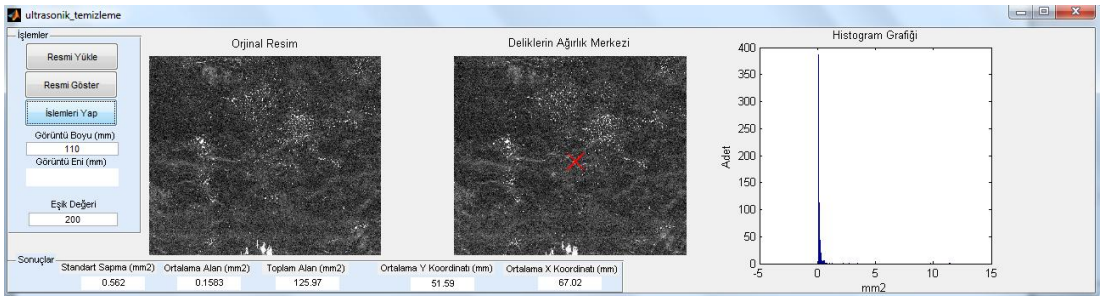
Deneylerde sıcaklık 45°C'de sabit tutulmuştur ve frekans değerleri 37-42kHz aralığındayken deneyler yapılmıştır.



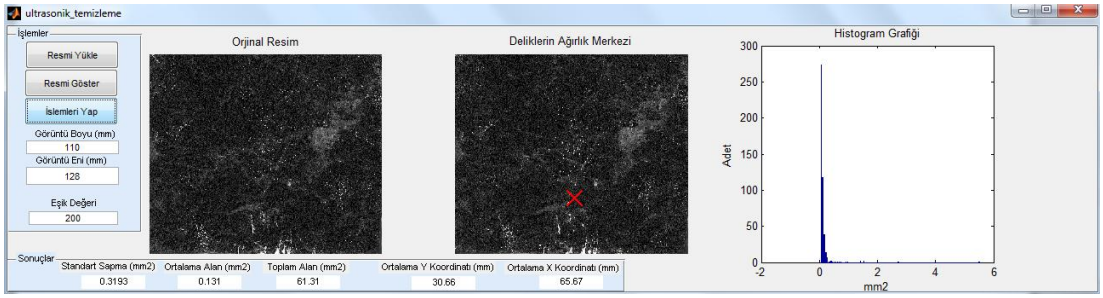
Şekil 5.22 : 45°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



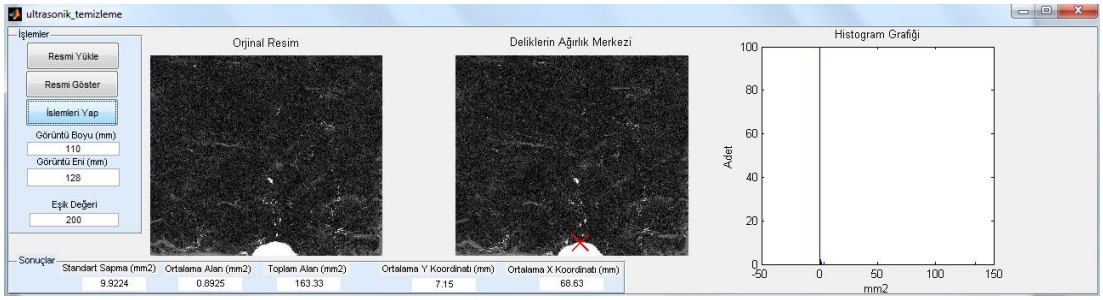
Şekil 5.23 : 45°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



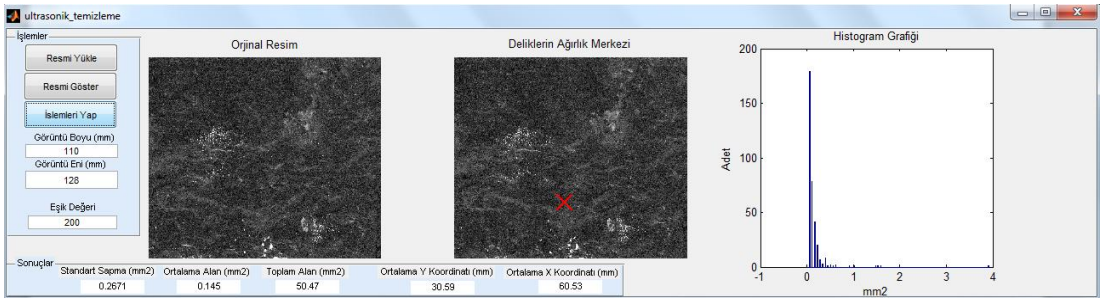
Şekil 5.24 : 45°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.25 : 45°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.26 : 45°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.27 : 45°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

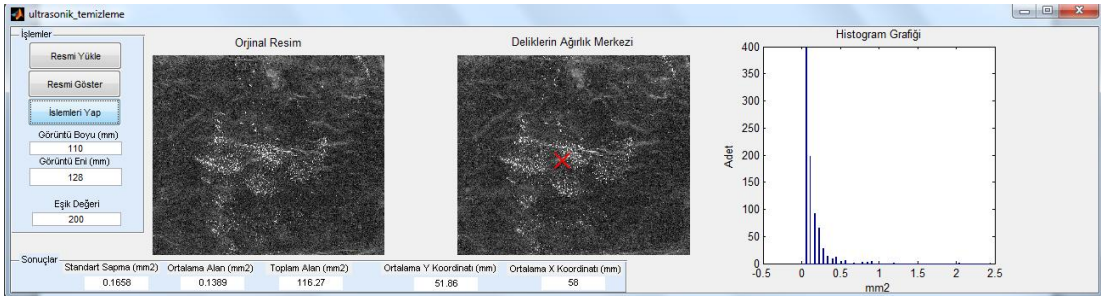


Şekil 5.28 : 45°C sıcaklıkta otomatik modda 38-40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

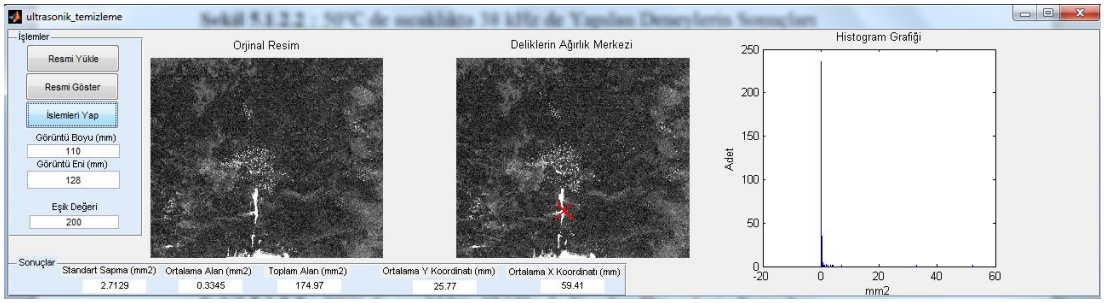
45°C sabit sıcaklıkta, değişen frekansta yapılan deneylerde temizliğin homojenliği bakımından en iyi temizleme 39kHz'deki temizlemede olduğu görülmüştür. Temizleme alanı açısından bakıldığından ise otomatik tarama modunda yapılan temizliğin daha etkili olduğu görülmüştür.

5.1.5 50°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi

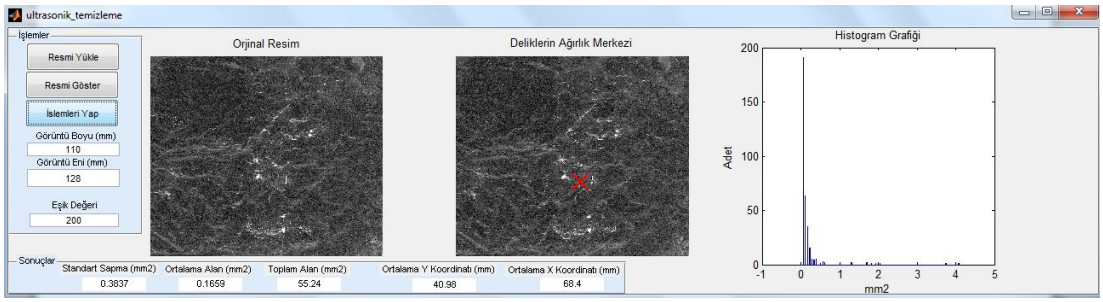
Deneylerde Sıcaklık 50°C'de sabit tutulmuştur ve Frekans değerleri 37-42kHz aralığındayken deneyler yapılmıştır.



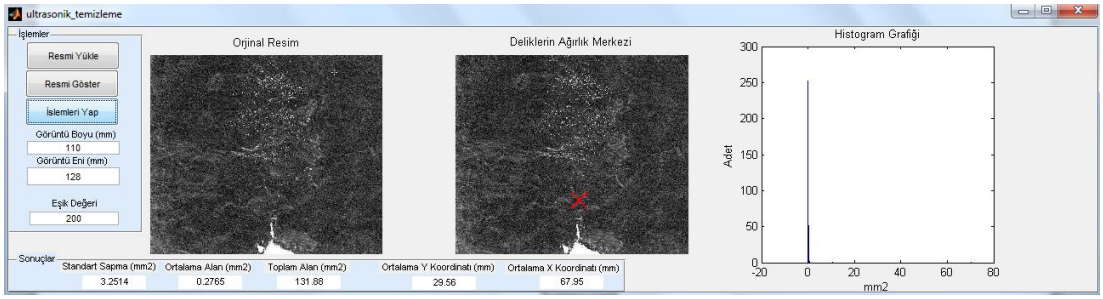
Şekil 5.29 : 50°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



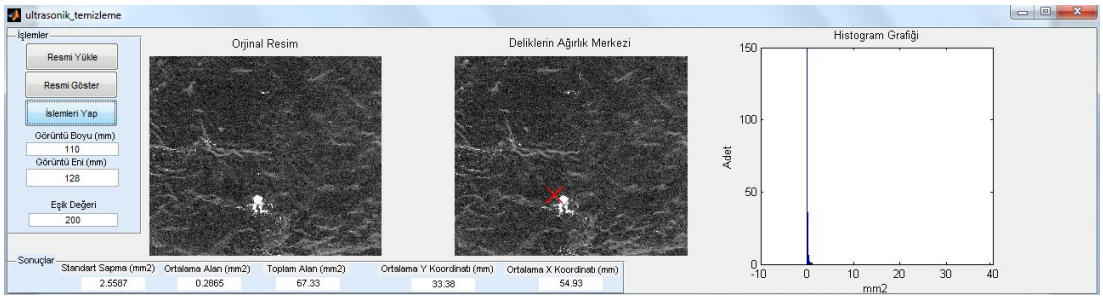
Şekil 5.30 : 50°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



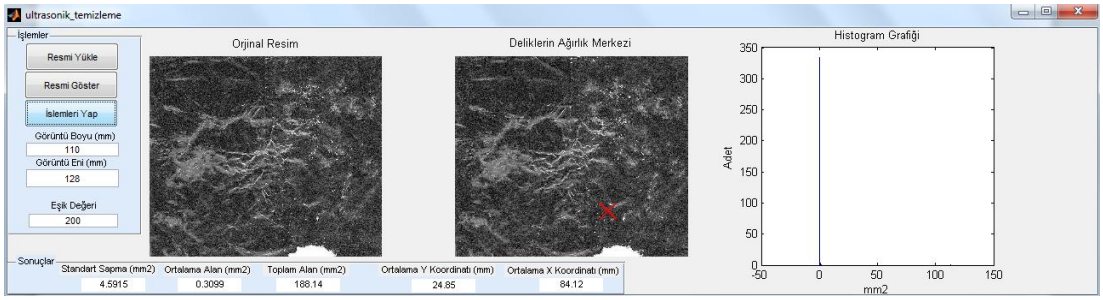
Şekil 5.31 : 50°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



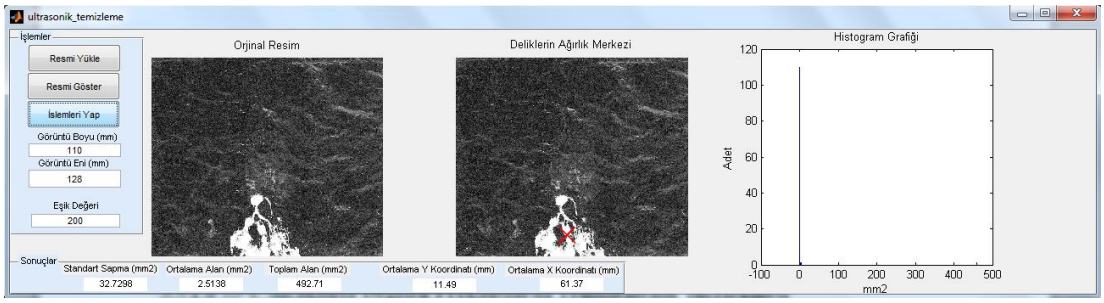
Şekil 5.32 : 50°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.33 : 50°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.34 : 50°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

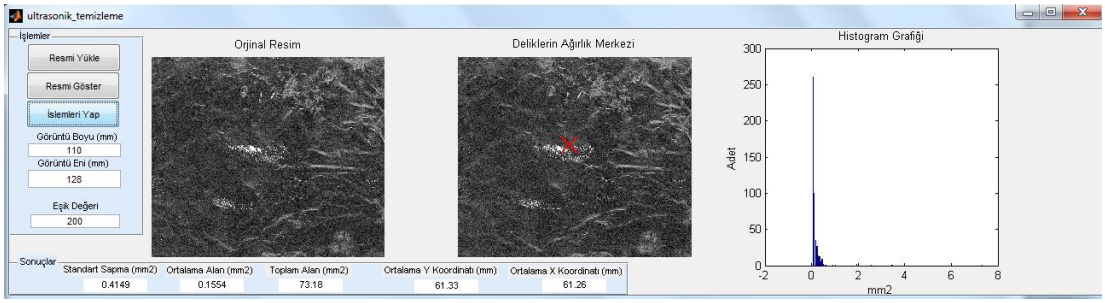


Şekil 5.35 : 50°C sıcaklıkta otomatik modda 38-40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

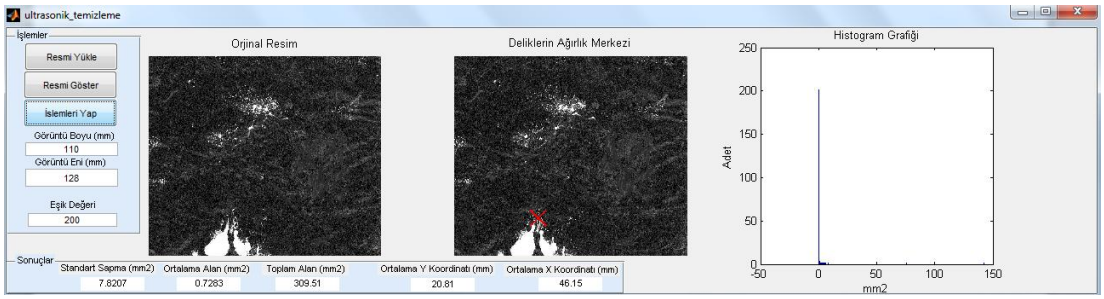
50°C sabit sıcaklıkta, değişen frekansta yapılan deneylerde temizliğin homojenliği bakımından en iyi temizleme 37kHz'deki temizlemede olduğu görülmüştür. Temizleme alanı açısından bakıldığından ise otomatik tarama modunda yapılan temizliğin daha etkili olduğu görülmüştür.

5.1.6 55°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi

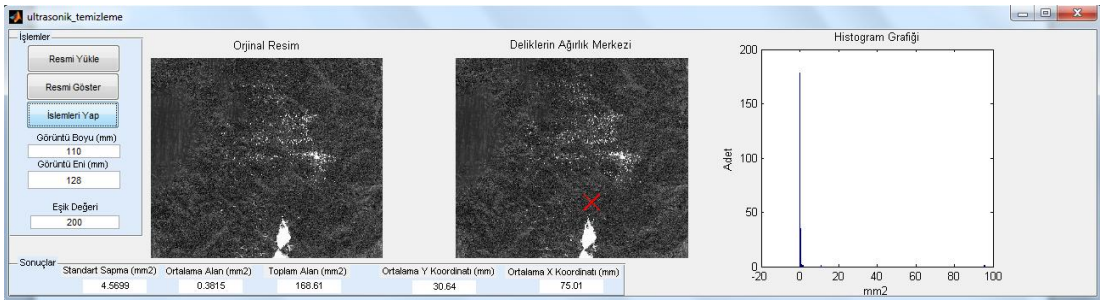
Deneylerde Sıcaklık 55°C de sabit tutulmuştur ve Frekans değerleri 37-42KHz aralığındayken deneyler yapılmıştır.



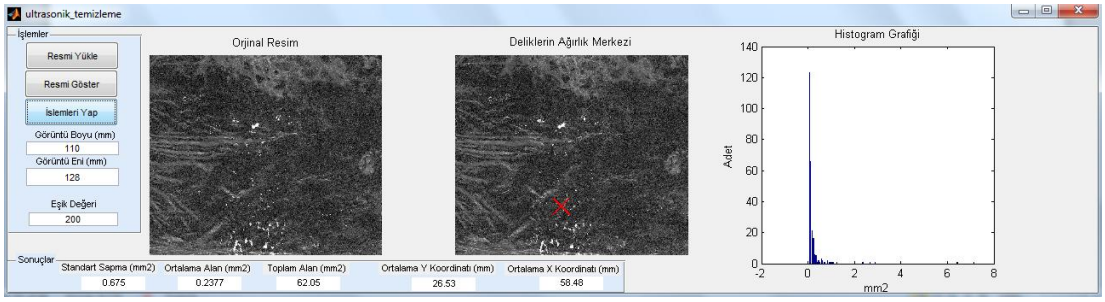
Şekil 5.36 : 55°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



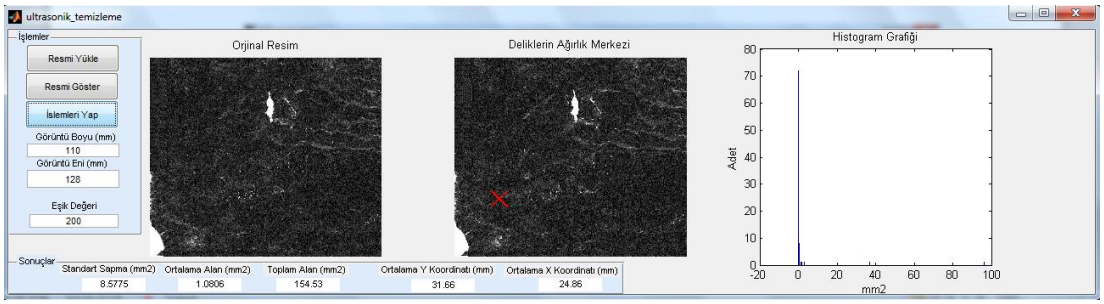
Şekil 5.37 : 55°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



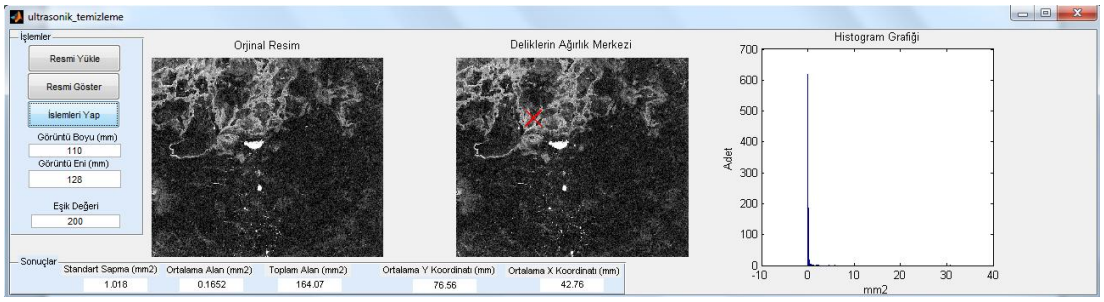
Şekil 5.38 : 55°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



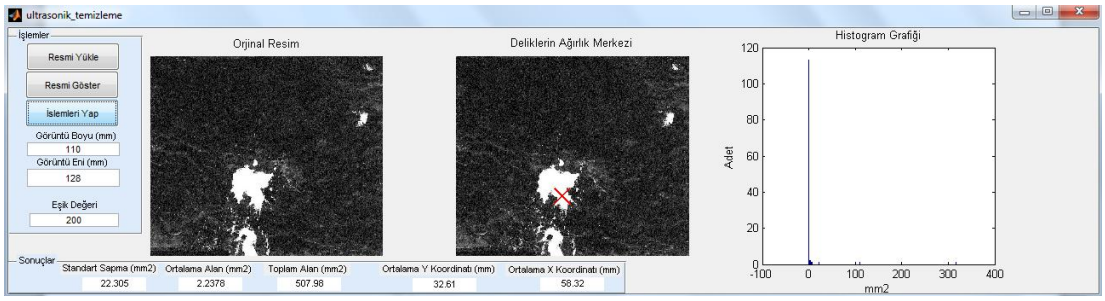
Şekil 5.39 : 55°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.40 : 55°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.41 : 55°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

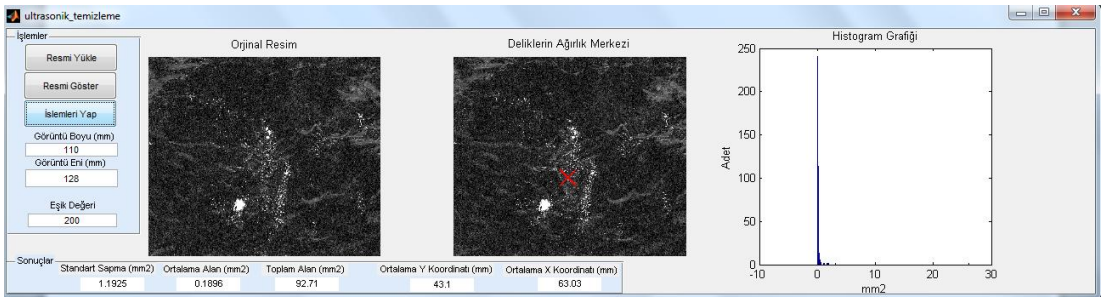


Şekil 5.42 : 55°C sıcaklıkta otomatik modda 38-40kHz de yapılan deneylerin sonuçları

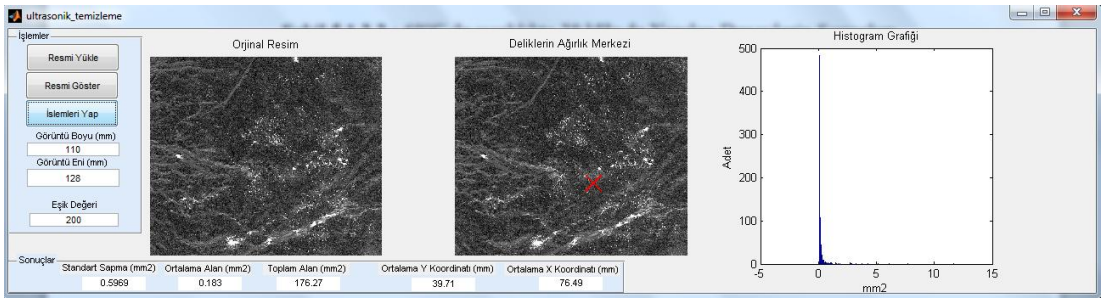
55°C sabit sıcaklıkta, değişen frekansta yapılan deneylerde temizliğin homojenliği bakımından en iyi temizleme 37kHz'deki temizlemede olduğu görülmüştür. Temizleme alanı açısından bakıldığından ise otomatik tarama modunda yapılan temizliğin daha etkili olduğu görülmüştür.

5.1.7 60°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi

Deneylerde Sıcaklık 60°C de sabit tutulmuştur ve Frekans değerleri 37-42 kHz aralığındayken deneyler yapılmıştır.



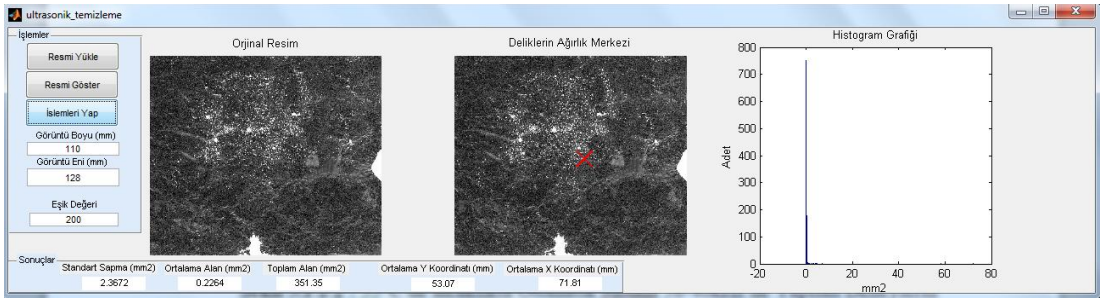
Şekil 5.43 : 60°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



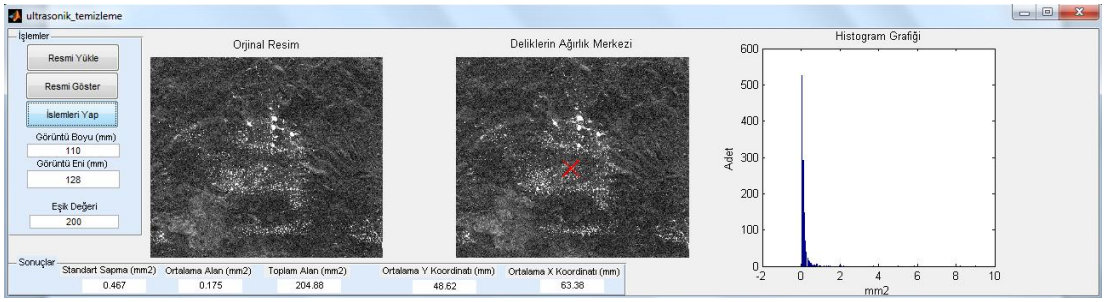
Şekil 5.44 : 60°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



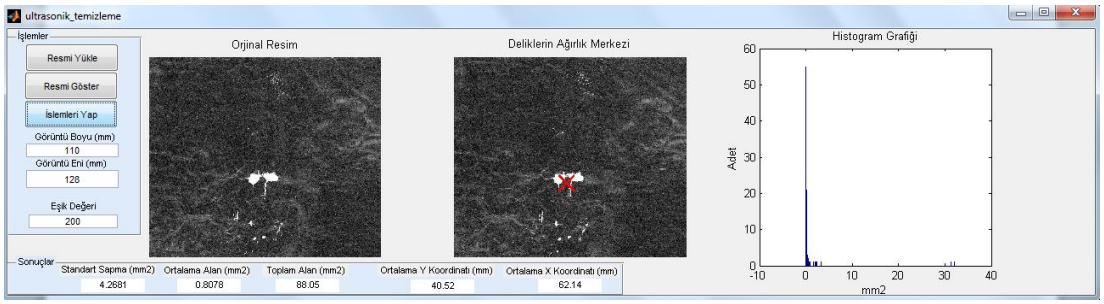
Şekil 5.45 : 60°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



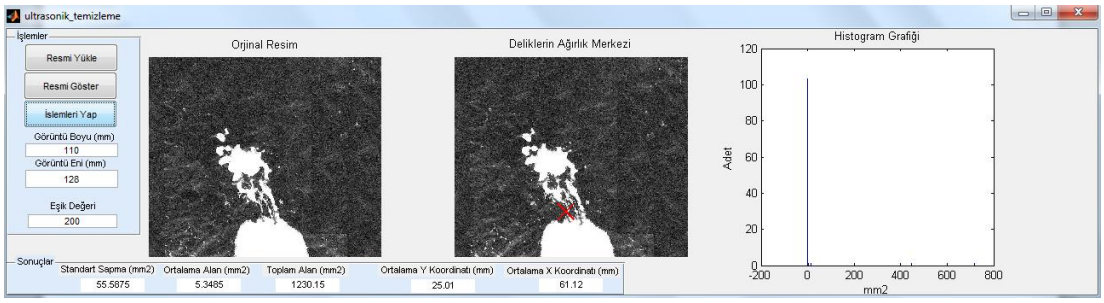
Şekil 5.46 : 60°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.47 : 60°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.48 : 60°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

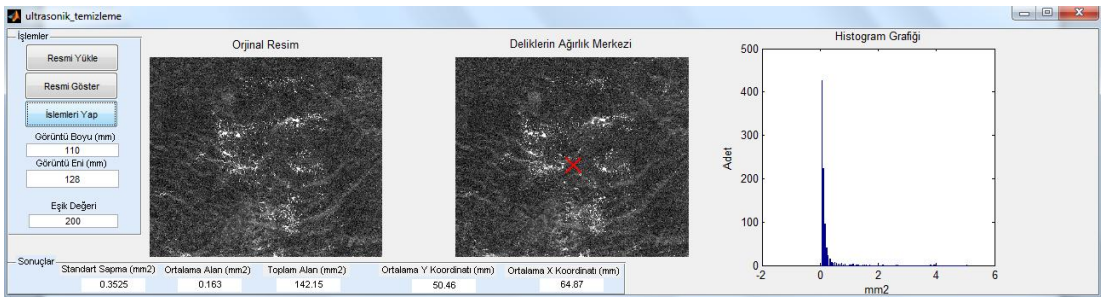


Şekil 5.49 : 60°C sıcaklıkta Otomatik Modda 38-40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

60°C sabit sıcaklıkta, değişen frekansta yapılan deneylerde temizliğin homojenliği bakımından en iyi temizleme 41kHz'deki temizlemede olduğu görülmüştür. Temizleme alanı açısından bakıldığından ise otomatik tarama modunda yapılan temizliğin daha etkili olduğu görülmüştür.

5.1.8 65°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi

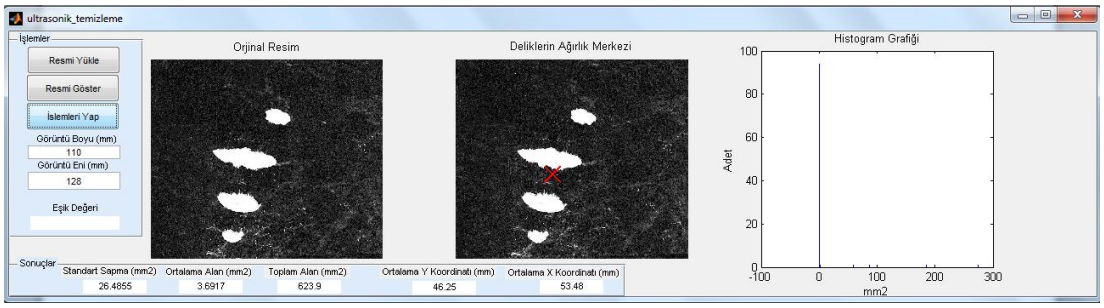
Deneylerde Sıcaklık 65°C de sabit tutulmuştur ve Frekans değerleri 37-42kHz aralığındayken deneyler yapılmıştır.



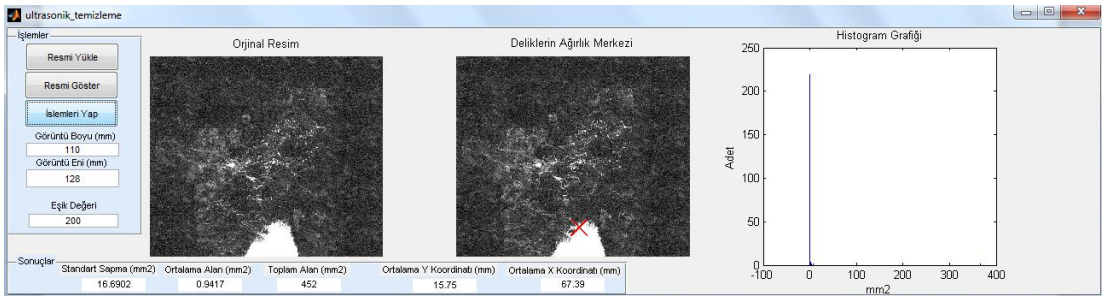
Şekil 5.50 : 65°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



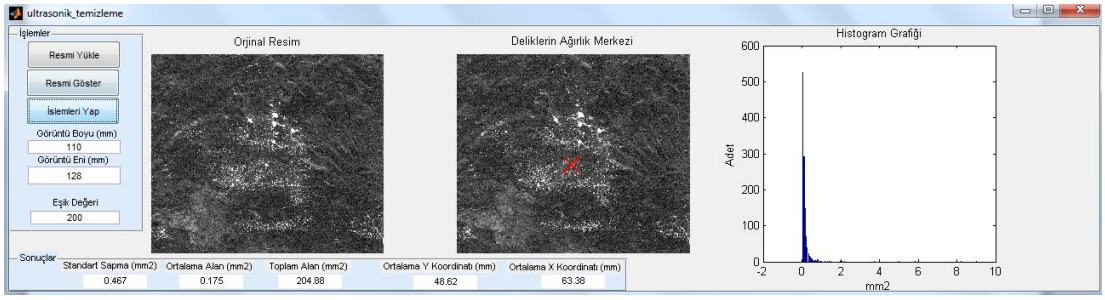
Şekil 5.51 : 65°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



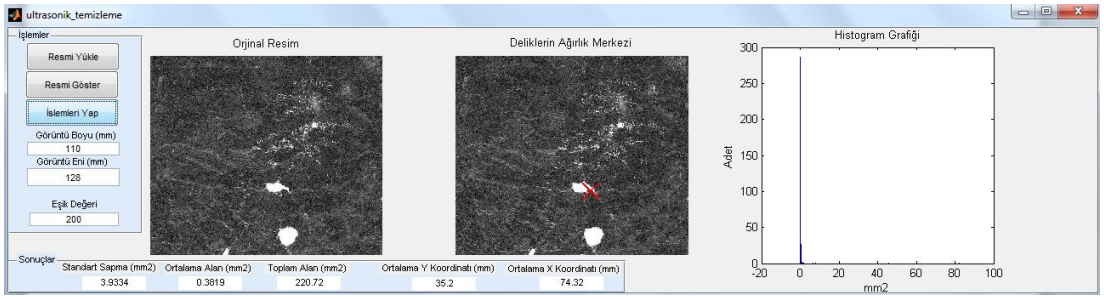
Şekil 5.52 : 65°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



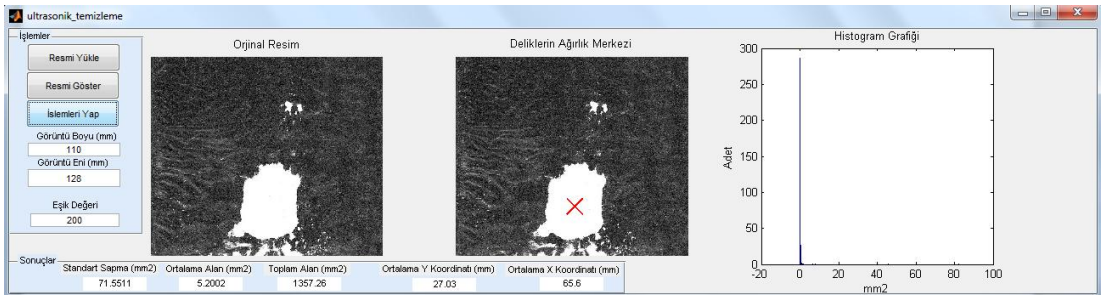
Şekil 5.53 : 65°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.54 : 65°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.55 : 65°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

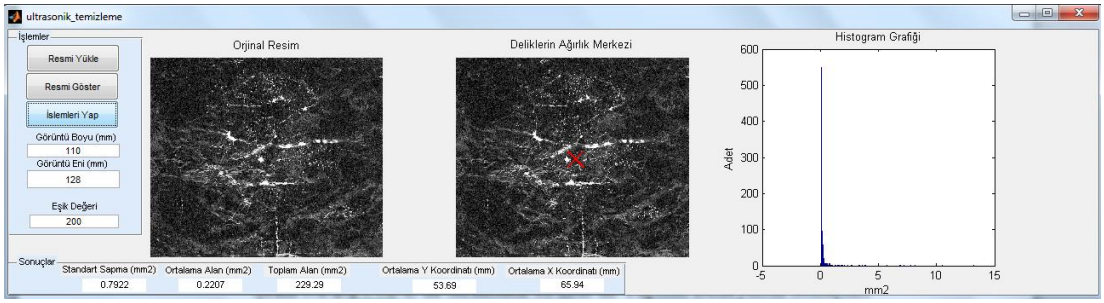


Şekil 5.56 : 65°C sıcaklıkta otomatik modda 38-40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

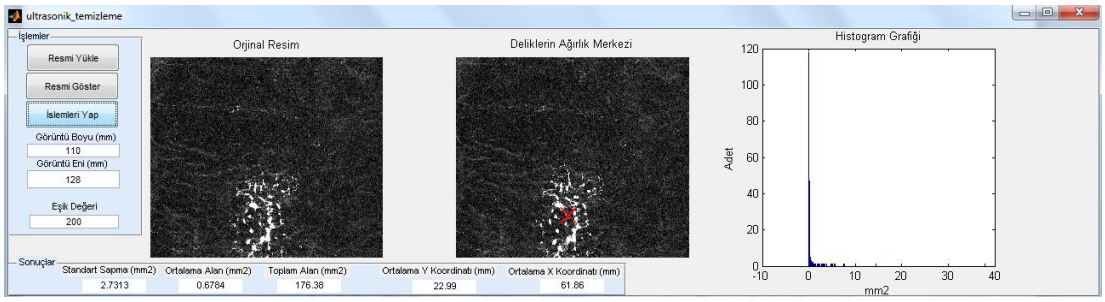
65°C sabit sıcaklıkta, değişen frekansta yapılan deneylerde temizliğin homojenliği bakımından en iyi temizleme 37kHz'deki temizlemede olduğu görülmüştür. Temizleme alanı açısından bakıldığından ise otomatik tarama modunda yapılan temizliğin daha etkili olduğu görülmüştür.

5.1.9 70°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizlemenin incelenmesi

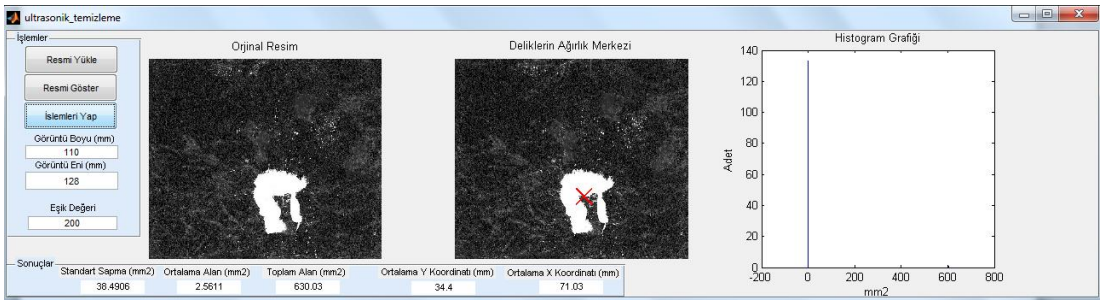
Deneylerde Sıcaklık 70°C de sabit tutulmuştur ve Frekans değerleri 37-42kHz aralığındayken deneyler yapılmıştır.



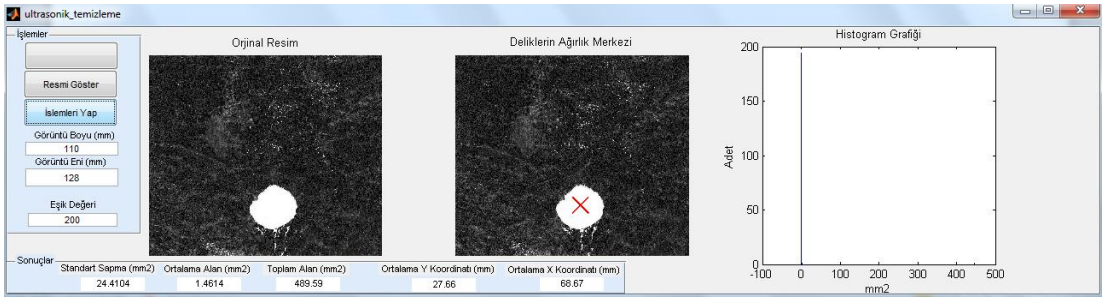
Şekil 5.57 : 70°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



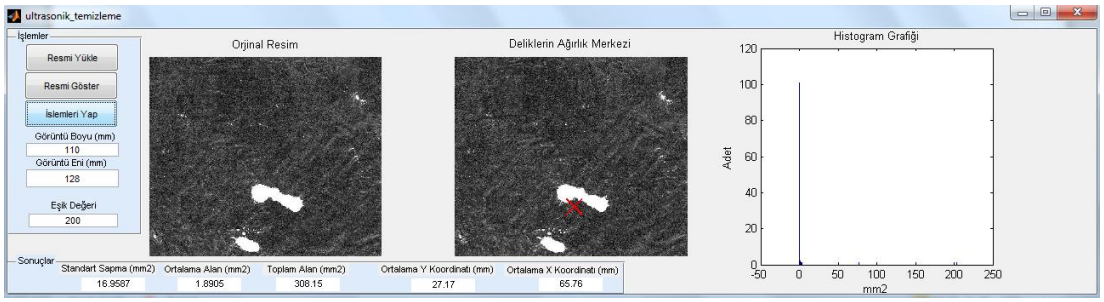
Şekil 5.58 : 70°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



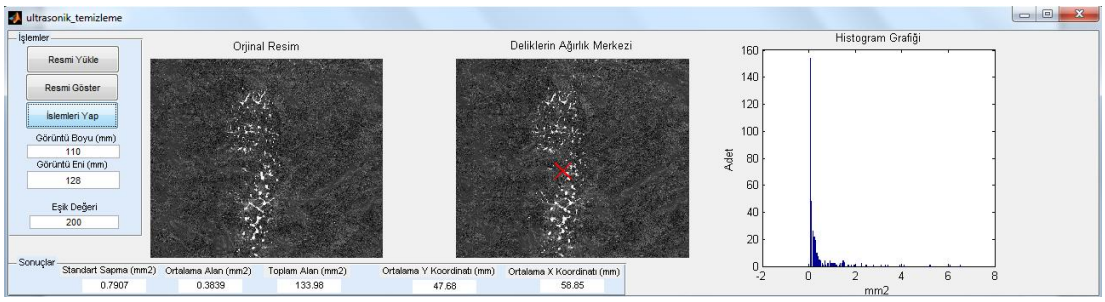
Şekil 5.59 : 70°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



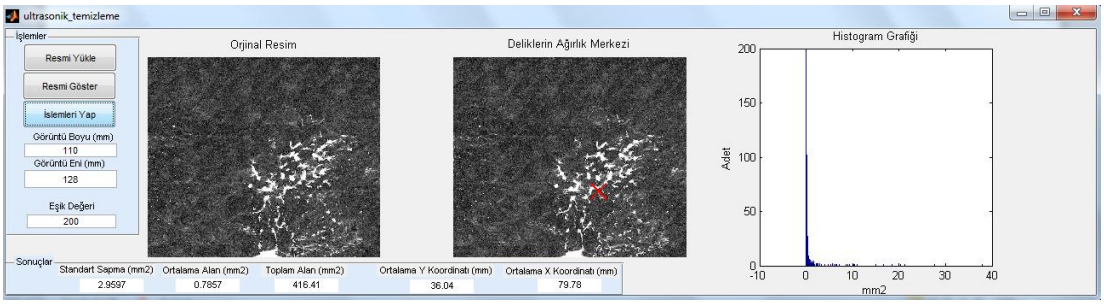
Şekil 5.60 : 70°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.61 : 70°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.62 : 70°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.63: 70°C sıcaklıkta otomatik modda 38-40kHz de yapılan deneylerin sonuçları

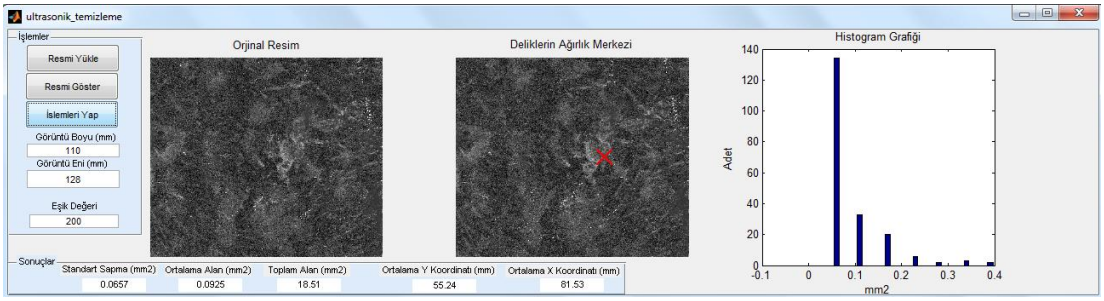
70°C sabit sıcaklıkta, değişen frekansta yapılan deneylerde temizliğin homojenliği bakımından en iyi temizleme 37kHz'deki temizlemede olduğu görülmüştür. Temizleme alanı açısından bakıldığından ise 39kHz'de yapılan temizliğin daha etkili olduğu görülmüştür.

5.2 Aynı Frekansta Sıcaklığa Göre Temizleme Etkinliğinin İncelenmesi

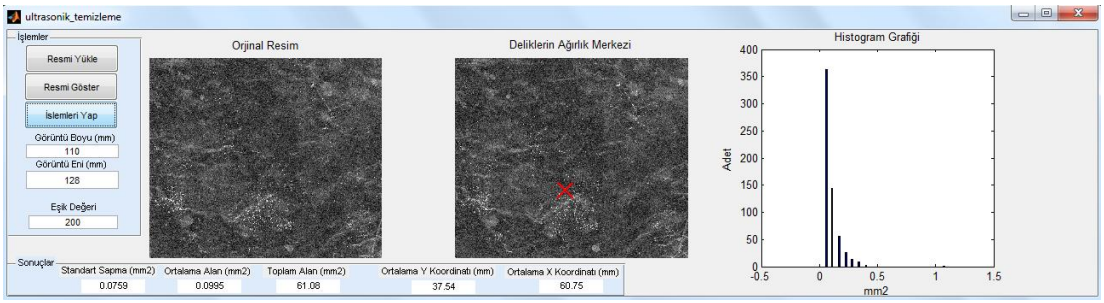
Ses ötesi temizleme etkinliğinin, aynı frekanslarda ve farklı sıcaklıklarda deneylerin inceleyip verimliliğini inceleyebilmek için ses ötesi temizleyicinin diğer parametreleri sabit tutulmuş ve çeşitli sıcaklık değerlerine göre folyo testi yapılmıştır. Kazan içindeki su miktarı 2,5 litre, çalışma süresi 3 dakika olarak set edilmiştir.

5.2.1 37kHz frekansta değişen sıcaklıklara göre sonuçların incelenmesi

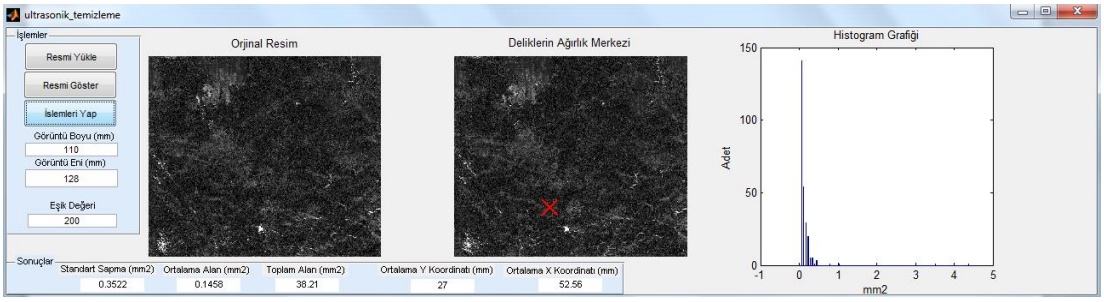
Deneylerde frekans 37kHz'de sabit tutulmuştur ve sıcaklık değerleri 20-70°C aralığındayken deneyler yapılmıştır.



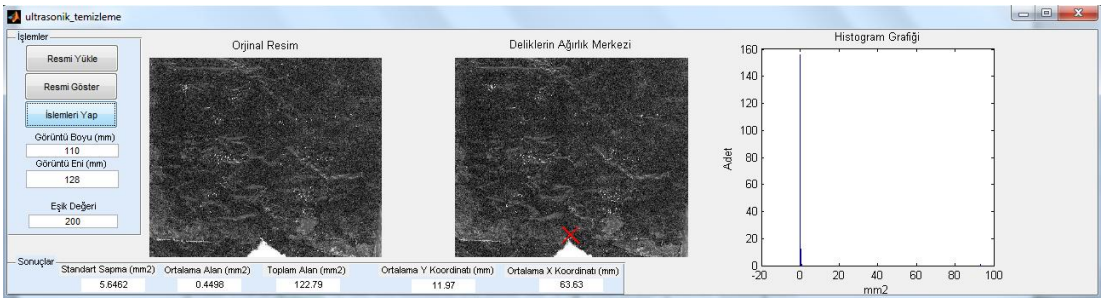
Şekil 5.64 : 20°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



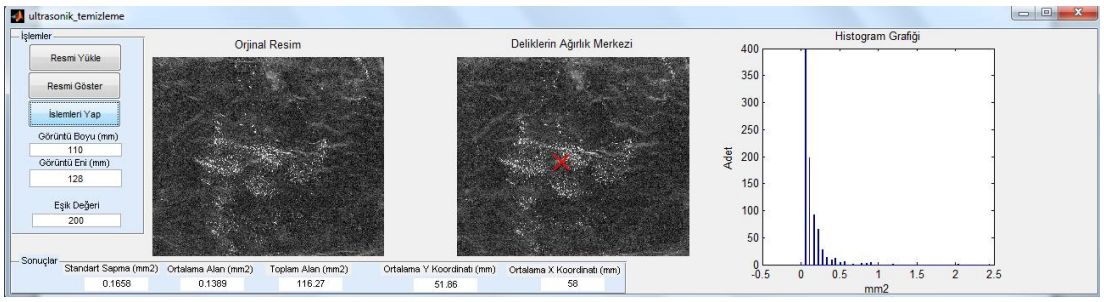
Şekil 5.65 : 30°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



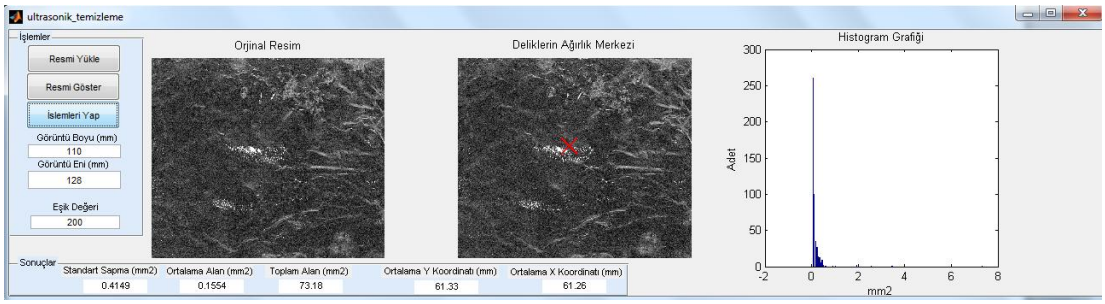
Şekil 5.66 : 40°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



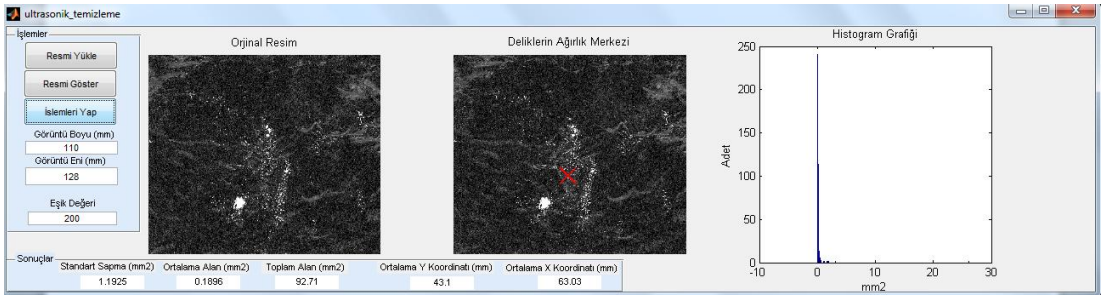
Şekil 5.67 : 45°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



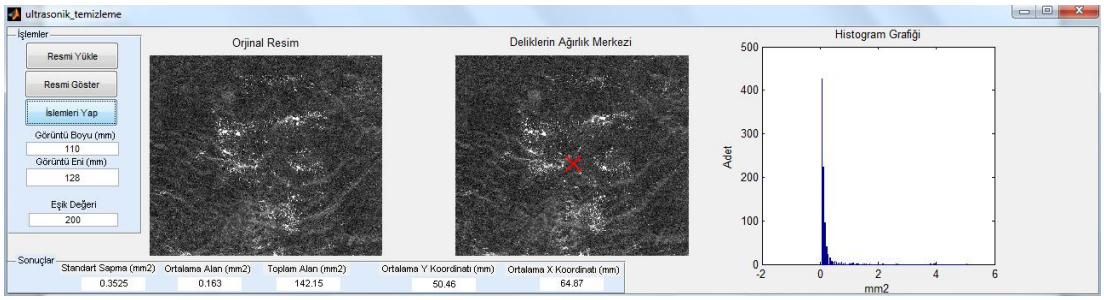
Şekil 5.68 : 50°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



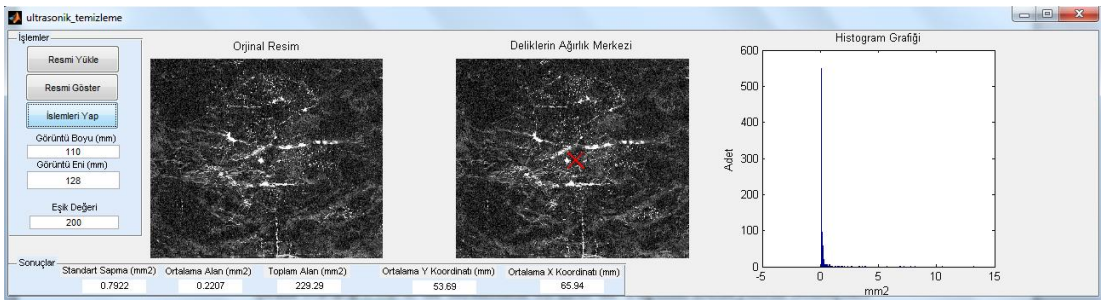
Şekil 5.69 : 55°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.70 : 60°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.71 : 65°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

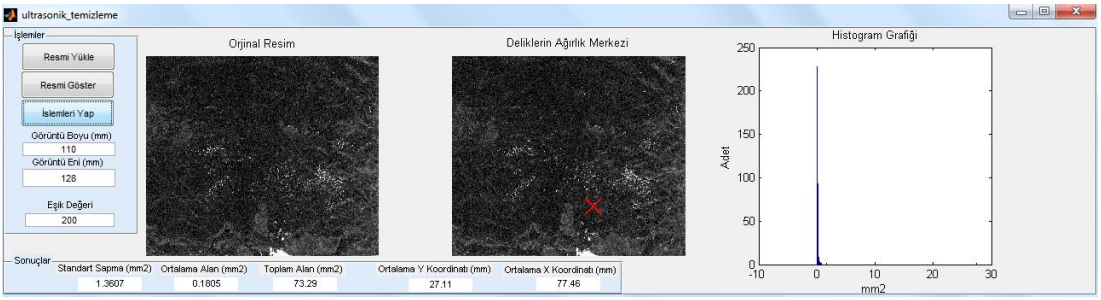


Şekil 5.72 : 70°C sıcaklıkta 37kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

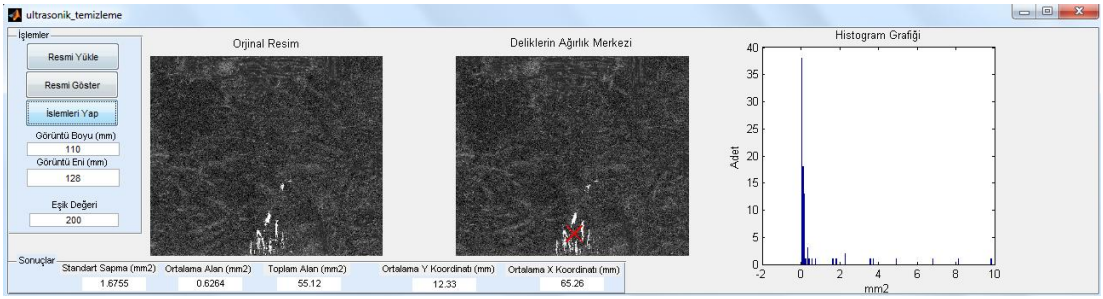
37kHz sabit frekansta, değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde temizliğin homojenliği ve temizleme alanı açısından en iyi temizleme 70°C'de yapılan temizleme olduğu görülmüştür.

5.2.2 38kHz frekansta değişen sıcaklıklara göre sonuçların incelenmesi

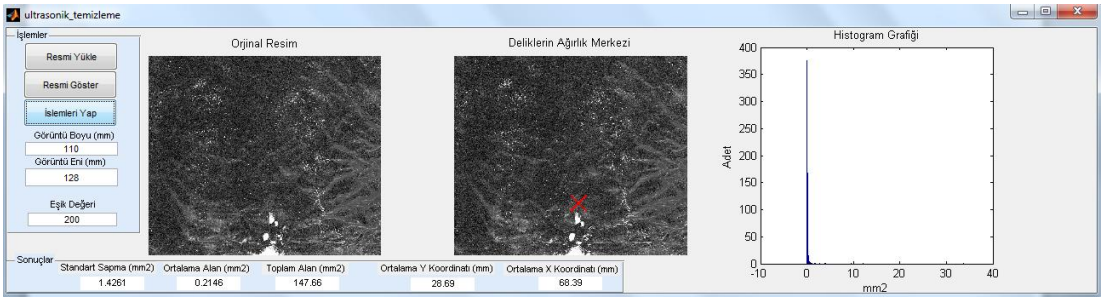
Deneylerde frekans 38kHz'de sabit tutulmuştur ve sıcaklık değerleri 20-70°C aralığındayken deneyler yapılmıştır.



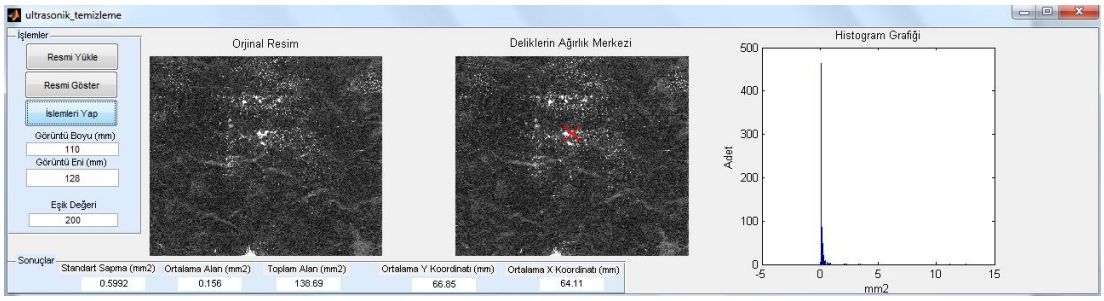
Şekil 5.73 : 20°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



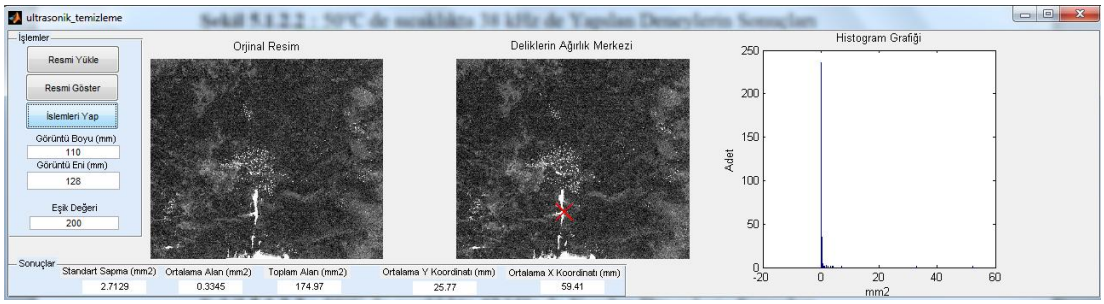
Şekil 5.74 : 30°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



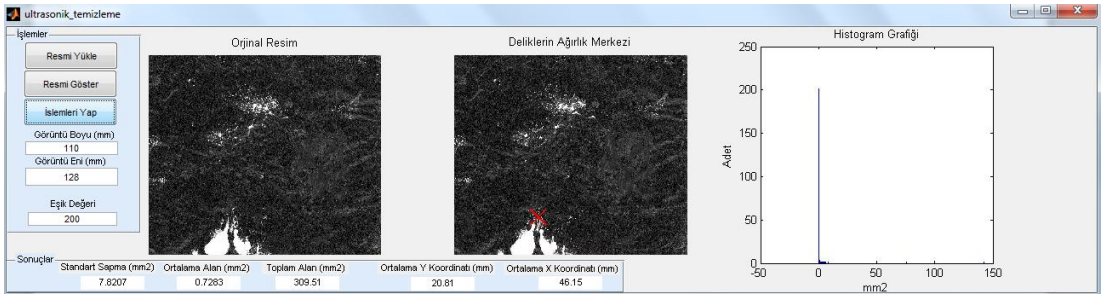
Şekil 5.75 : 40°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



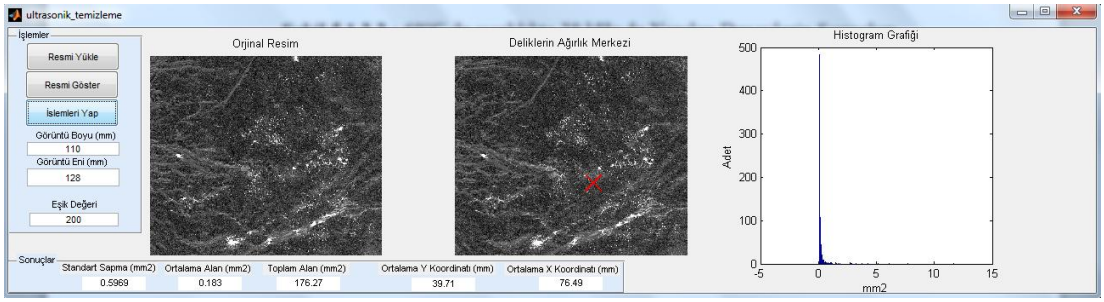
Şekil 5.76 : 45°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



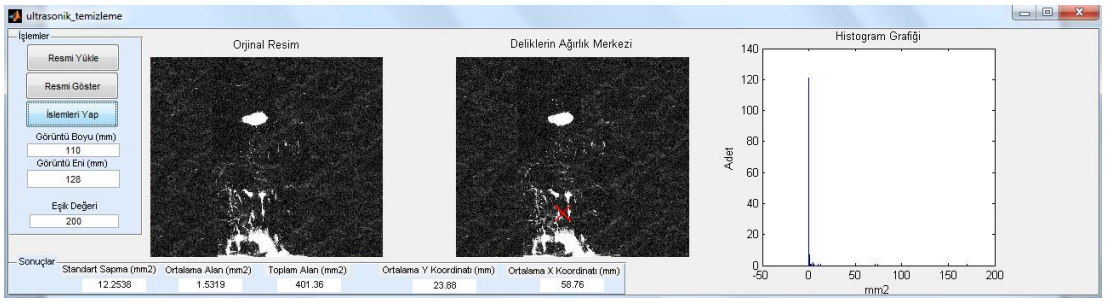
Şekil 5.77 : 50°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



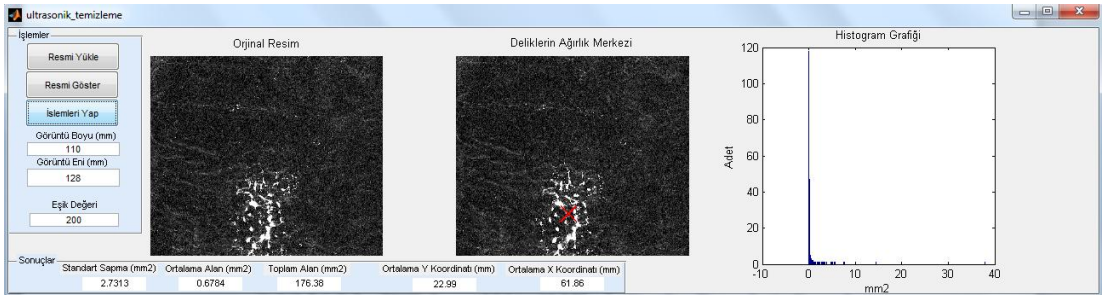
Şekil 5.78 : 55°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.79 : 60°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.80 : 65°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

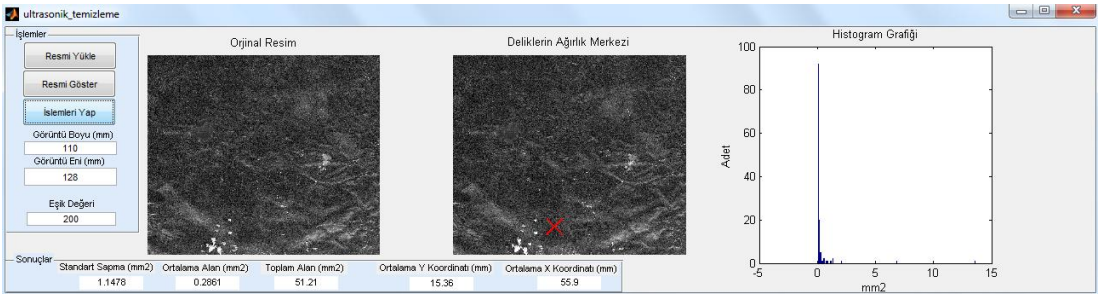


Şekil 5.81 : 70°C sıcaklıkta 38kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

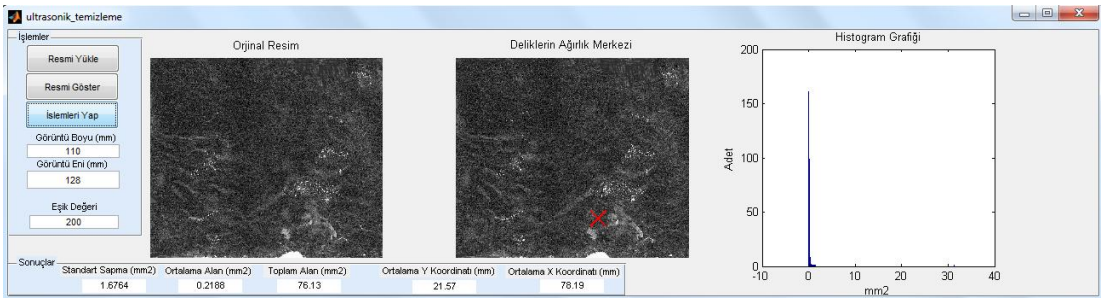
38 kHz sabit frekansta, değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde temizliğin homojenliği bakımın 45°C de en iyi sonuç verdiği görülmüştür. Temizleme alanı açısından en iyi temizleme ise 65°C de yapılan temizleme olduğu görülmüştür.

5.2.3 39kHz frekansta değişen sıcaklıklara göre sonuçların incelenmesi

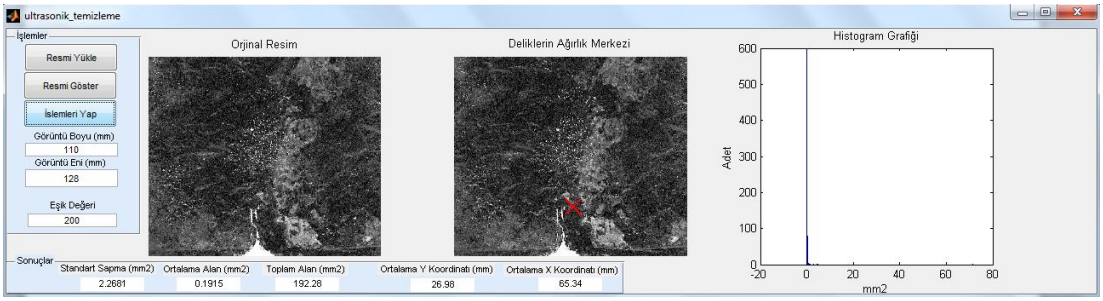
Deneylerde frekans 39kHz'de sabit tutulmuştur ve sıcaklık değerleri 20-70°C aralığındayken deneyler yapılmıştır.



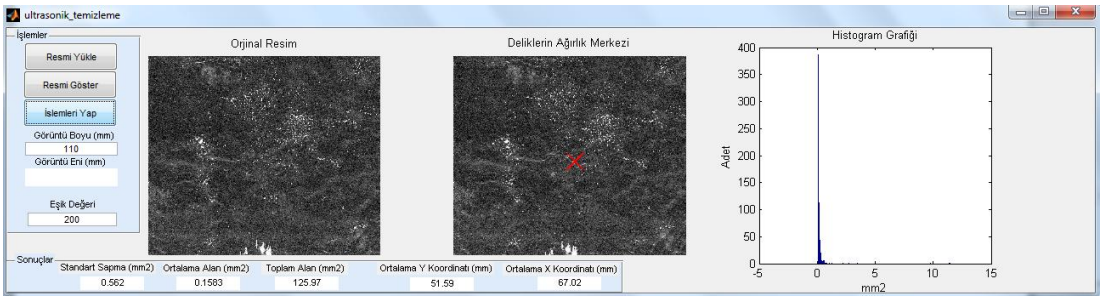
Şekil 5.82 : 20°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



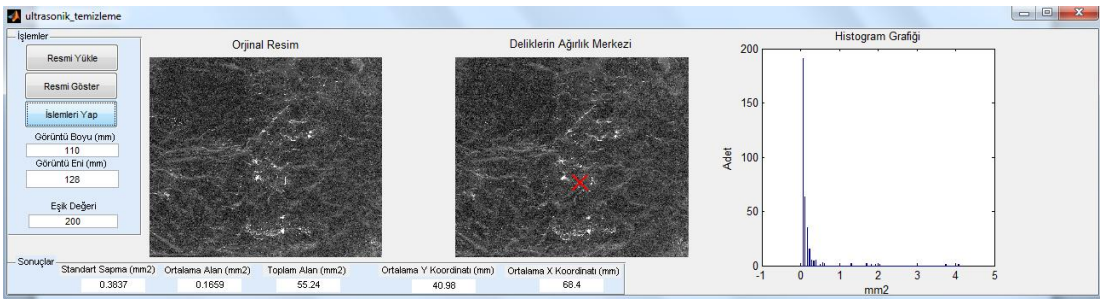
Şekil 5.83 : 30°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



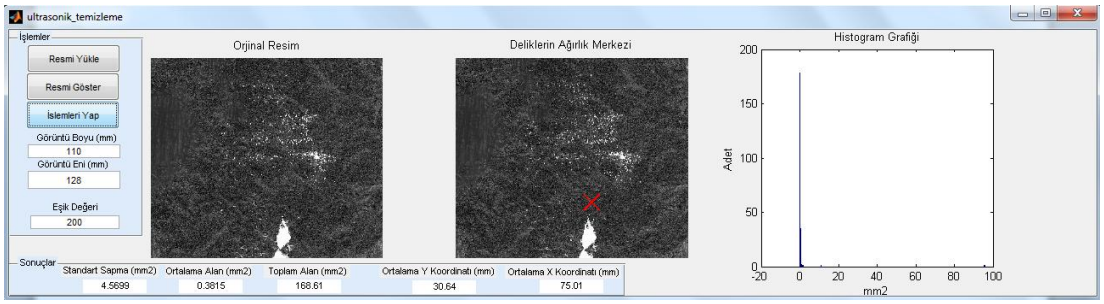
Şekil 5.84 : 40°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



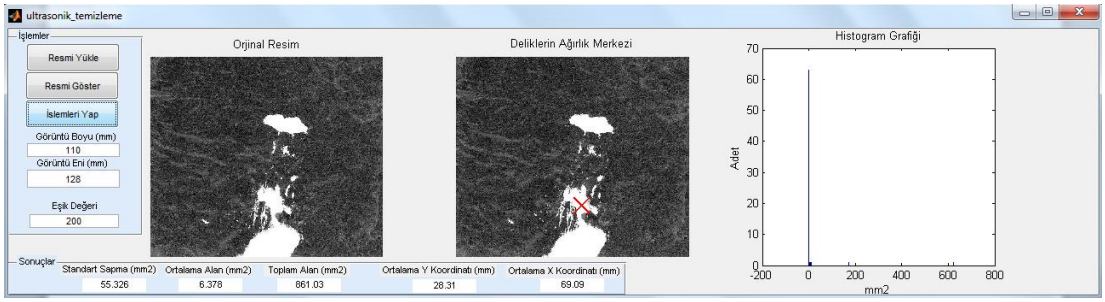
Şekil 5.85 : 45°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



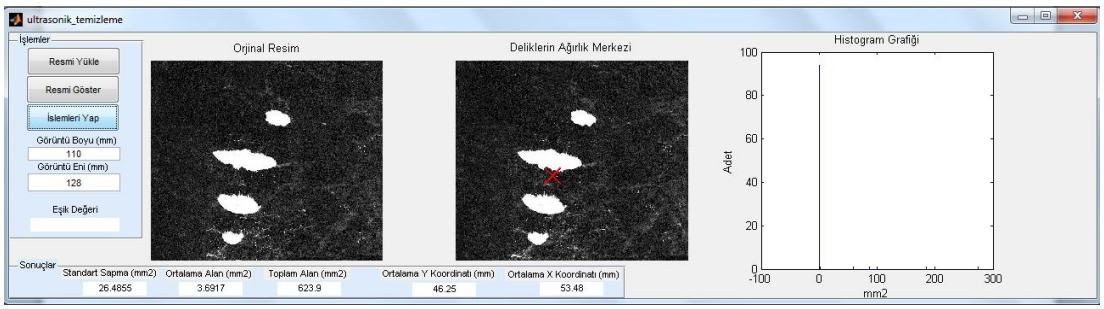
Şekil 5.86 : 50°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



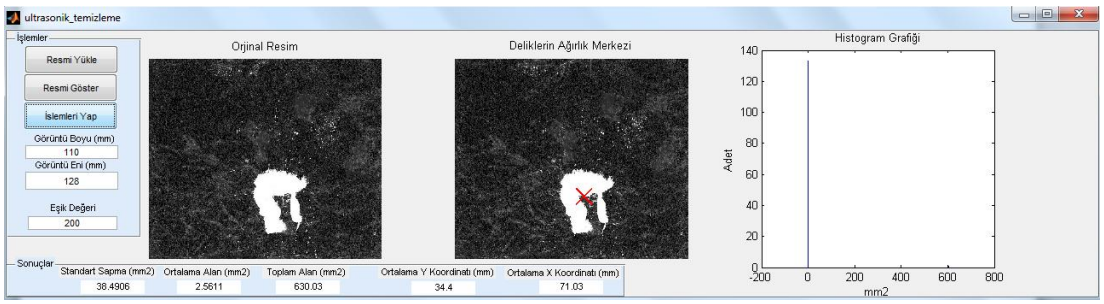
Şekil 5.87 : 55°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.88 : 60°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.89 : 65°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.90 : 70°C sıcaklıkta 39kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

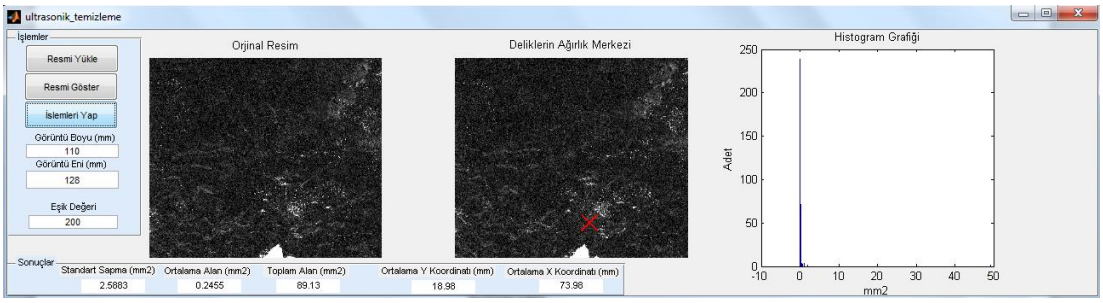
39 kHz sabit frekansta, değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde temizliğin homojenliği bakımın 45°C de en iyi sonuç verdiği görülmüştür. Temizleme alanı açısından en iyi temizleme ise 60°C de yapılan temizleme olduğu görülmüştür.

5.2.4 40kHz frekansta değişen sıcaklıklara göre sonuçların incelenmesi

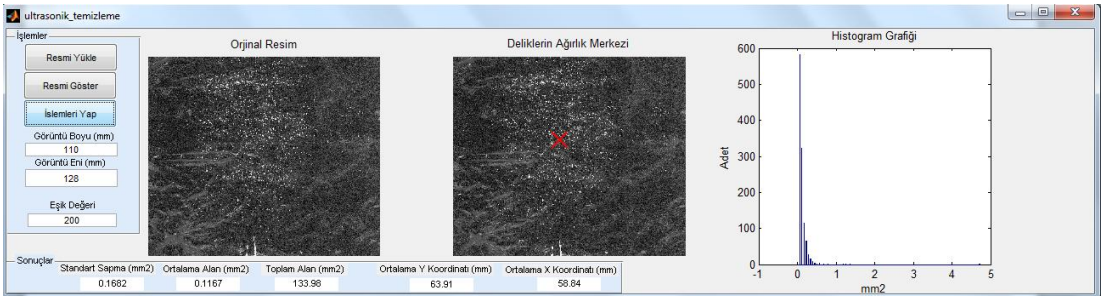
Deneylerde frekans 40kHz'de sabit tutulmuştur ve sıcaklık değerleri 20-70°C aralığındayken deneyler yapılmıştır.



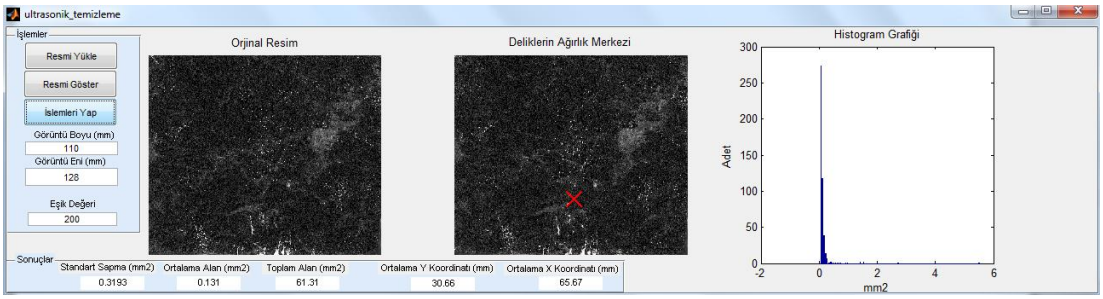
Şekil 5.91 : 20°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



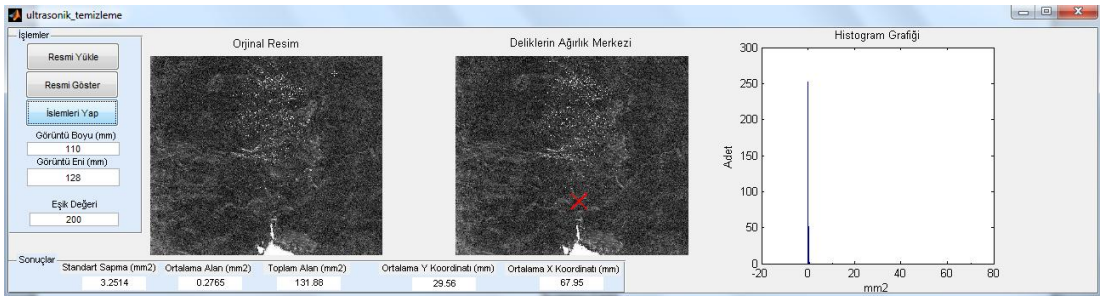
Şekil 5.92 : 30°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



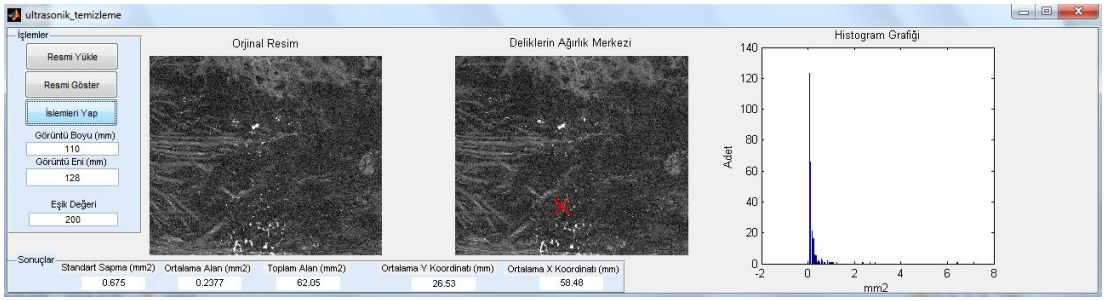
Şekil 5.93 : 40°C sıcaklıkta 40 kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



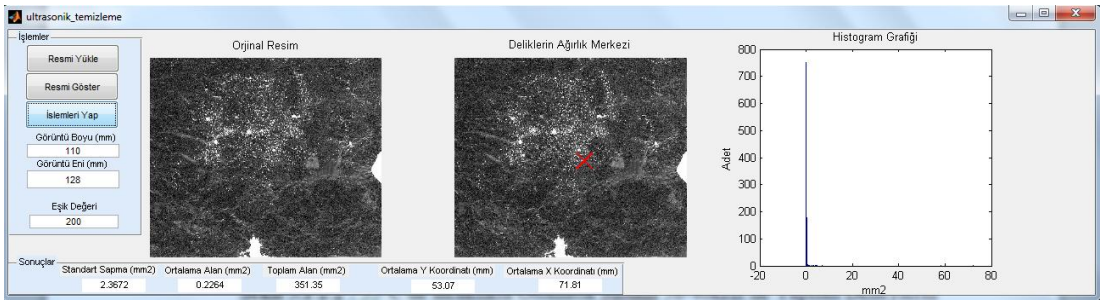
Şekil 5.94 : 45°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



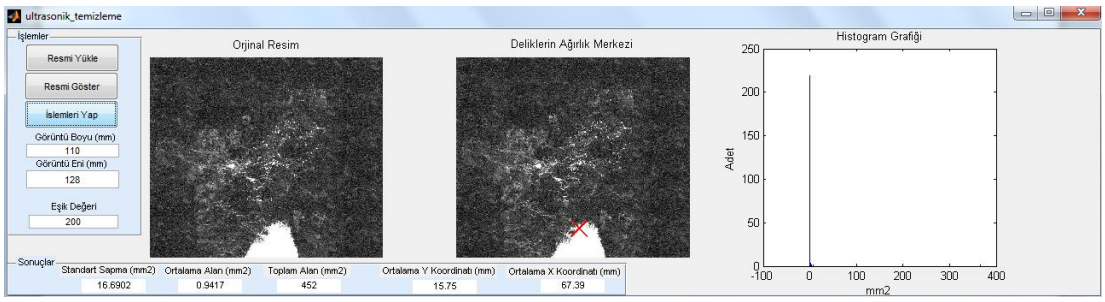
Şekil 5.95 : 50°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



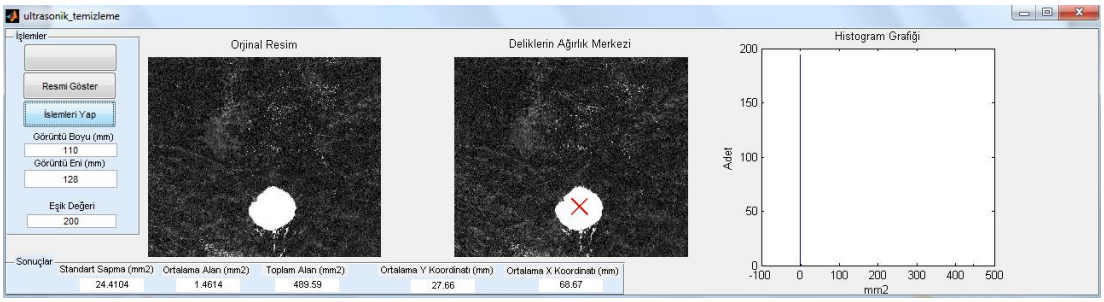
Şekil 5.96 : 55°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.97 : 60°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.98 : 65°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

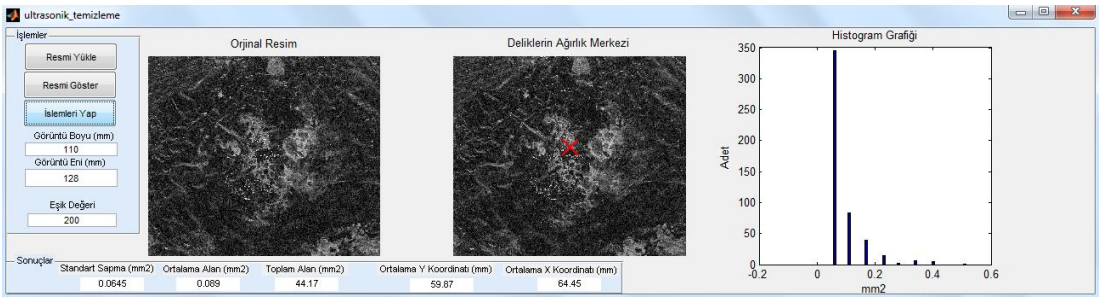


Şekil 5.99 : 70°C sıcaklıkta 40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

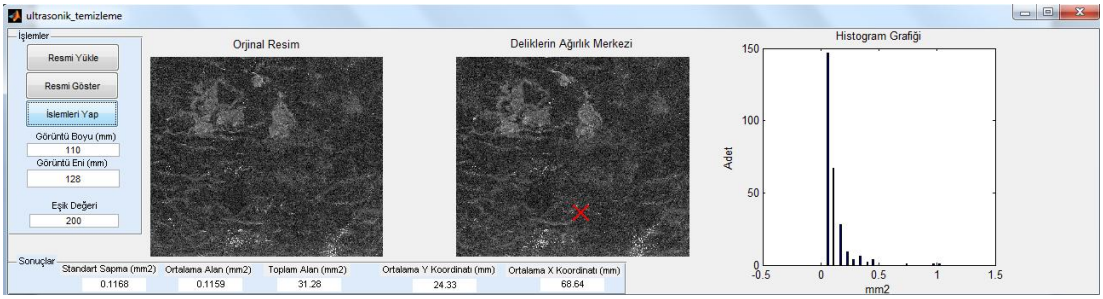
40 kHz sabit frekansta, değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde temizliğin homojenliği bakımın 60°C de en iyi sonuç verdiği görülmüştür. Temizleme alanı açısından en iyi temizleme ise 70°C de yapılan temizleme olduğu görülmüştür.

5.2.5 41kHz frekansta değişen sıcaklıklara göre sonuçların incelenmesi

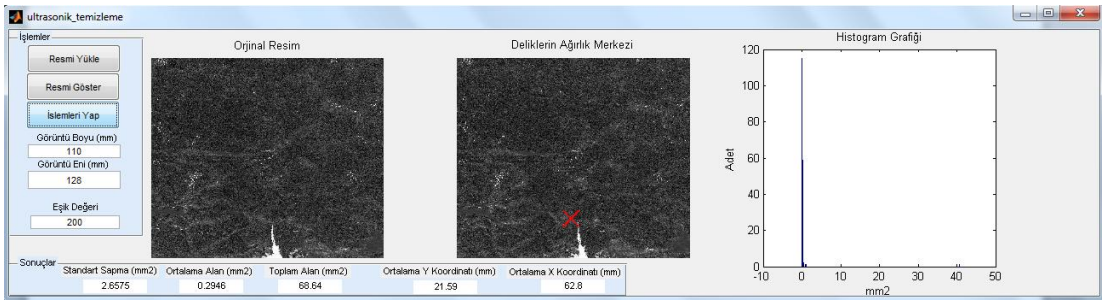
Deneylerde frekans 41kHz'de sabit tutulmuştur ve sıcaklık değerleri 20-70°C aralığındayken deneyler yapılmıştır.



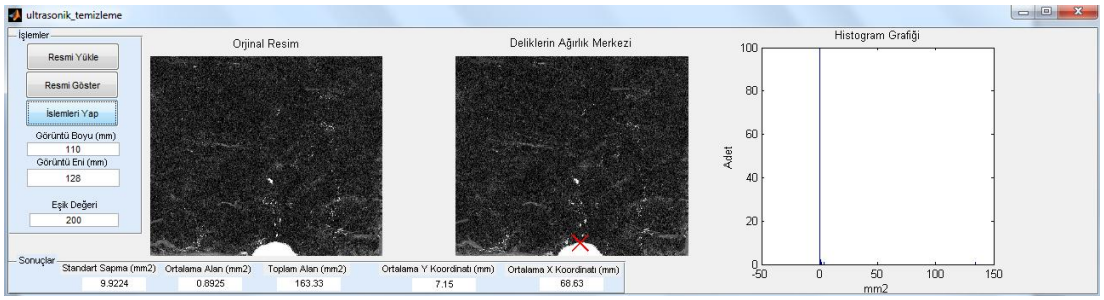
Şekil 5.100 : 20°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



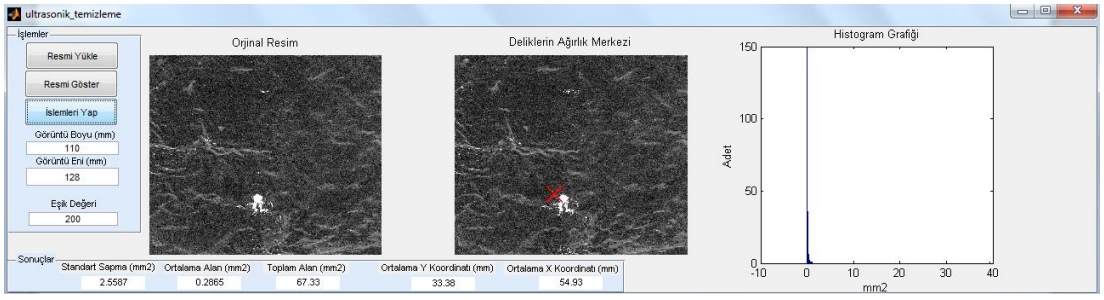
Şekil 5.101 : 30°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



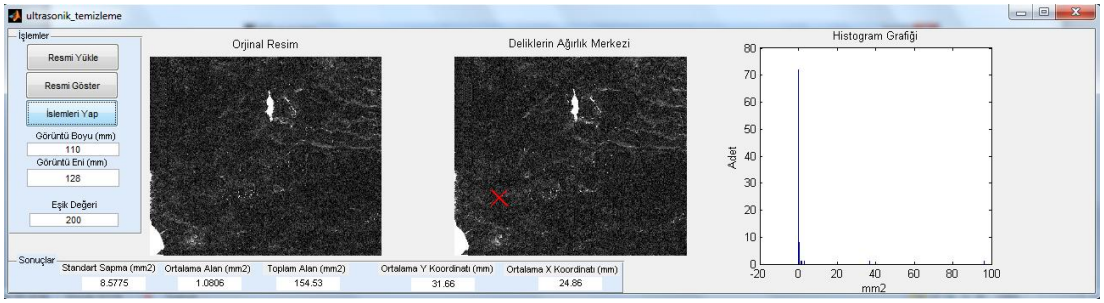
Şekil 5.102 : 40°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



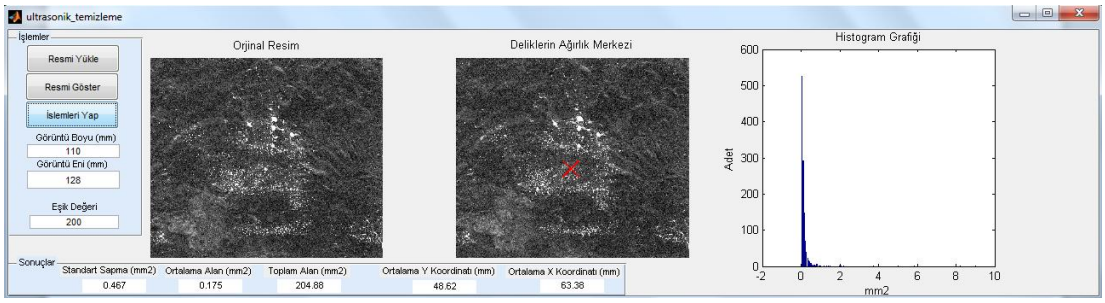
Şekil 5.103 : 45°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



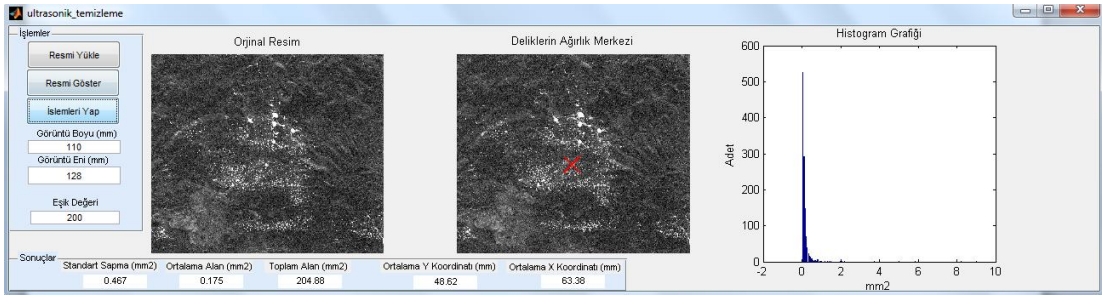
Şekil 5.104 : 50°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



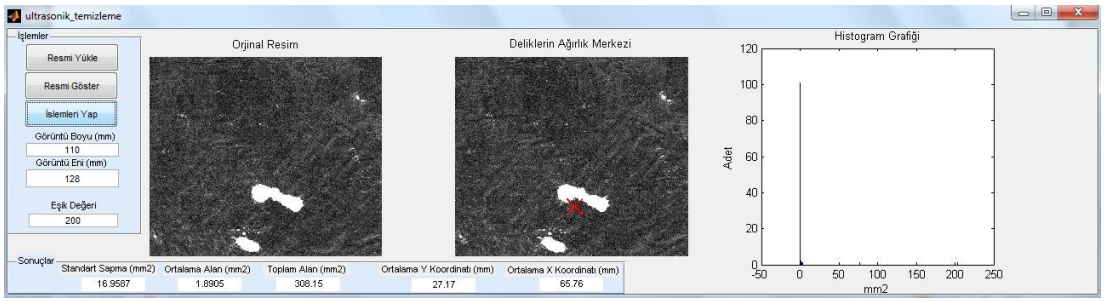
Şekil 5.105 : 55°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.106 : 60°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.107 : 65°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

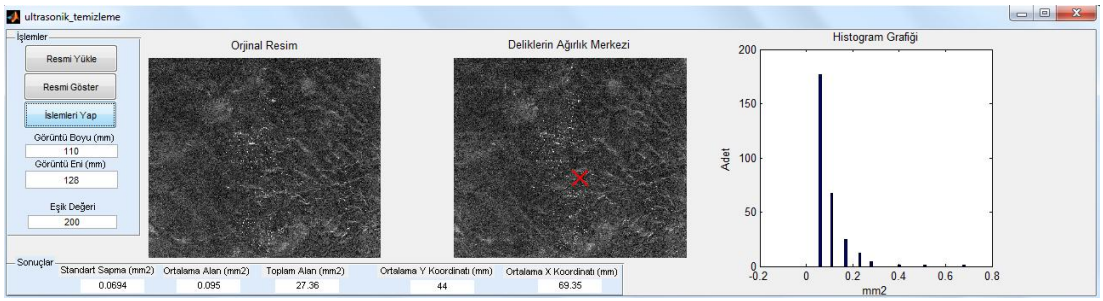


Şekil 5.108 : 70°C sıcaklıkta 41kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

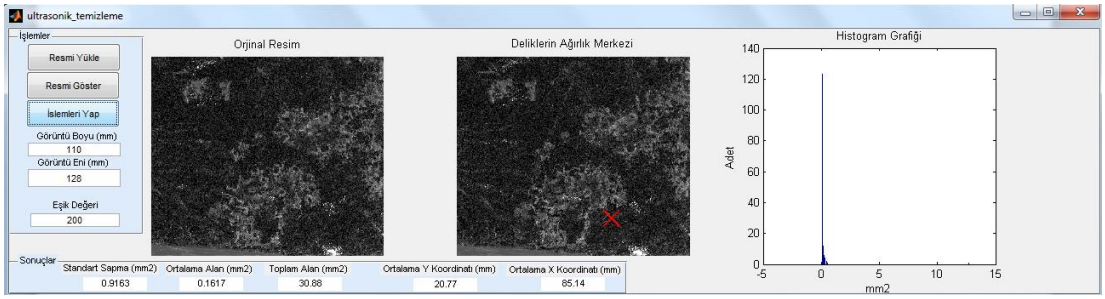
41kHz sabit frekansta, değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde temizliğin homojenliği bakımın 20°C'de en iyi sonuç verdiği görülmüştür. Temizleme alanı açısından en iyi temizleme ise 70°C'de yapılan temizleme olduğu görülmüştür.

5.2.6 42kHz frekansta değişen sıcaklıklara göre sonuçların incelenmesi

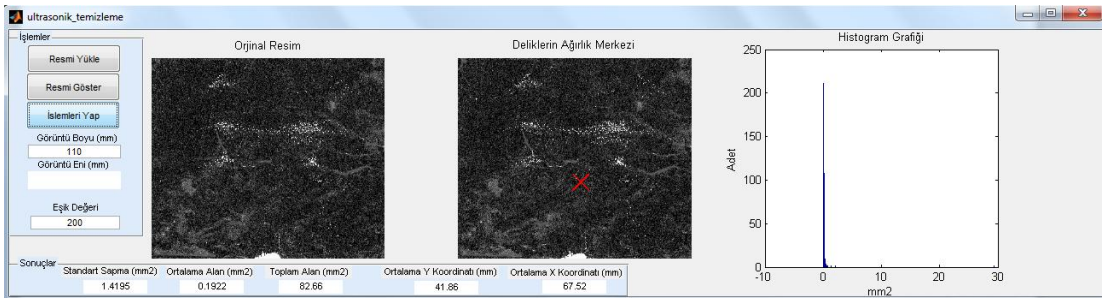
Deneylerde frekans 42kHz'de sabit tutulmuştur ve sıcaklık değerleri 20-70°C aralığındayken deneyler yapılmıştır.



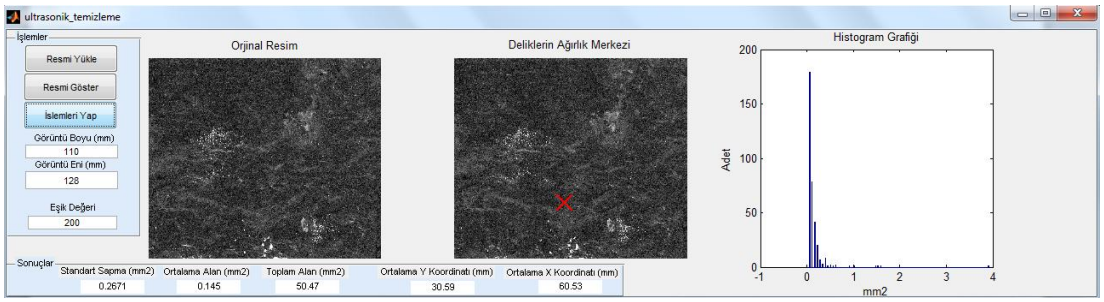
Şekil 5.109 : 20°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



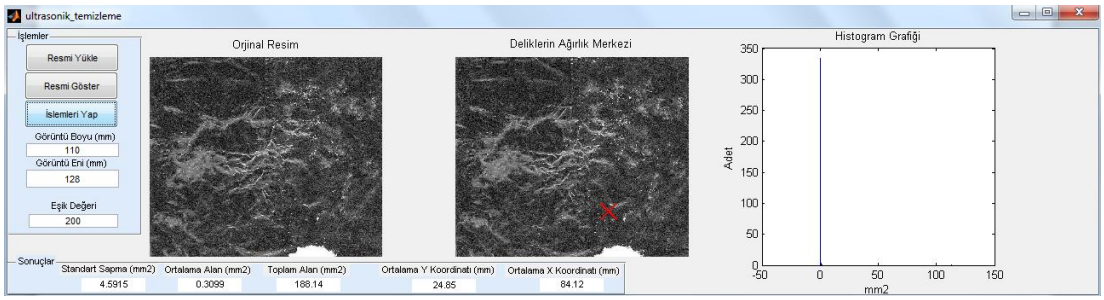
Şekil 5.110 : 30°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



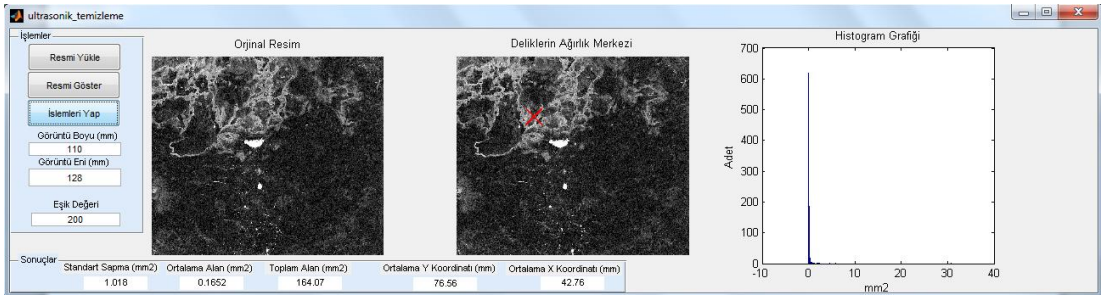
Şekil 5.111 : 40°C sıcaklıkta 42 kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



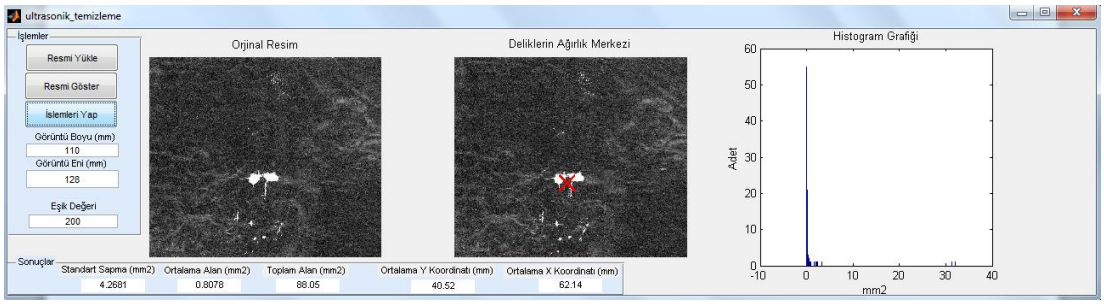
Şekil 5.112 : 45°C sıcaklıkta 42 kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



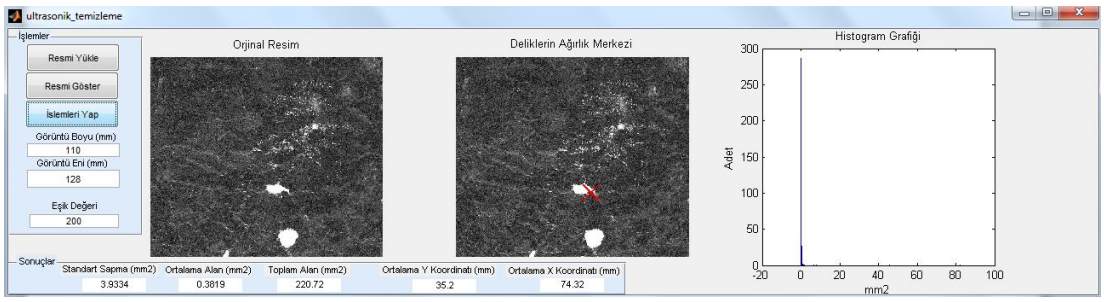
Şekil 5.113 : 50°C sıcaklıkta 42 kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



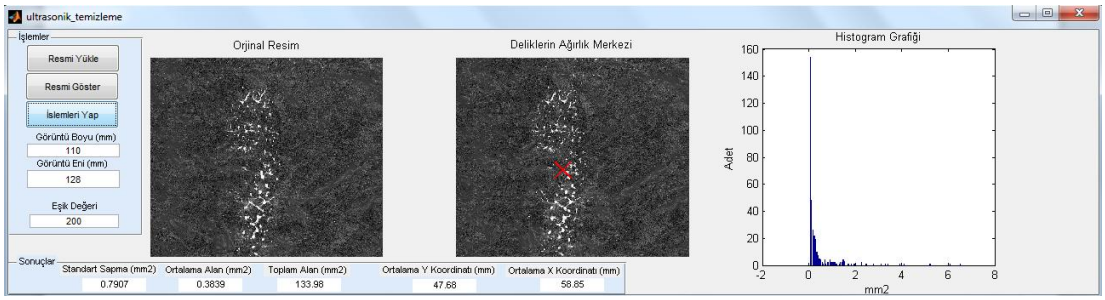
Şekil 5.114 : 55°C sıcaklıkta 42 kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.115 : 60°C sıcaklıkta 42kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.116 : 65°C sıcaklıkta 42 kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

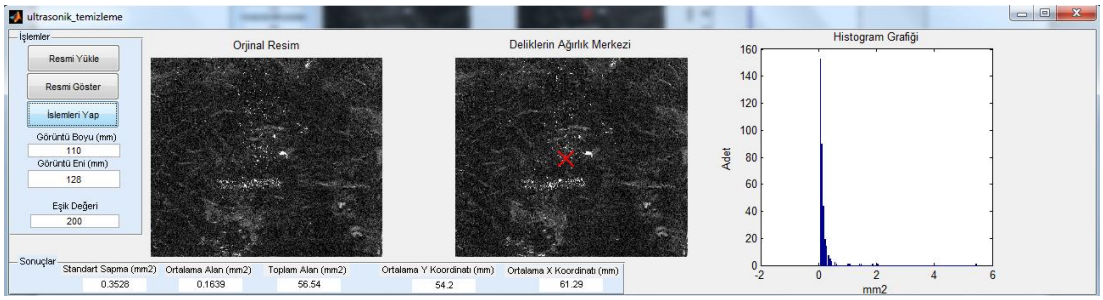


Şekil 5.117 : 70°C sıcaklıkta 42 kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

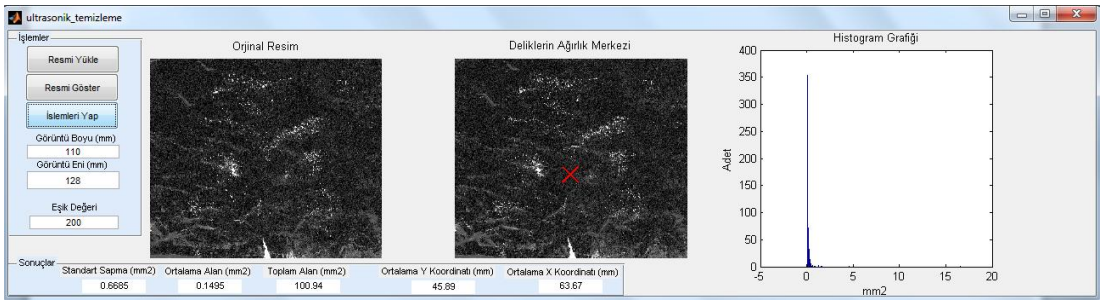
42kHz sabit frekansta, değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde temizliğin homojenliği bakımın 70°C'de en iyi sonuç verdiği görülmüştür. Temizleme alanı açısından en iyi temizleme ise 65°C'de yapılan temizleme olduğu görülmüştür.

5.2.7 Otomatik modda değişen sıcaklıklara göre sonuçların incelenmesi

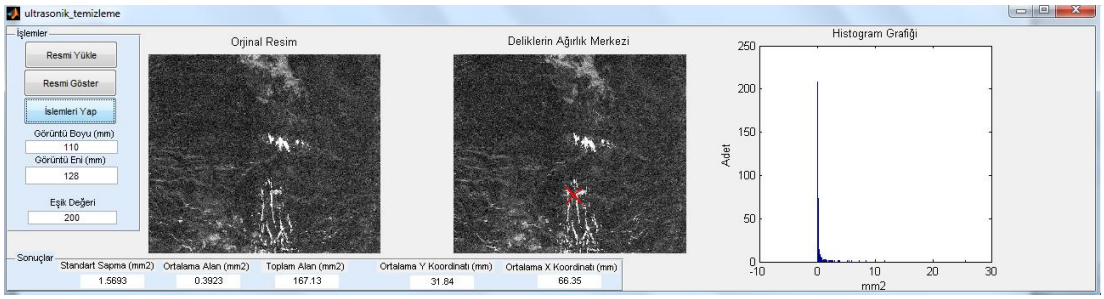
Deneylerde frekans otomatik modda tutulmuştur ve sıcaklık değerleri 20-70°C aralığındayken deneyler yapılmıştır.



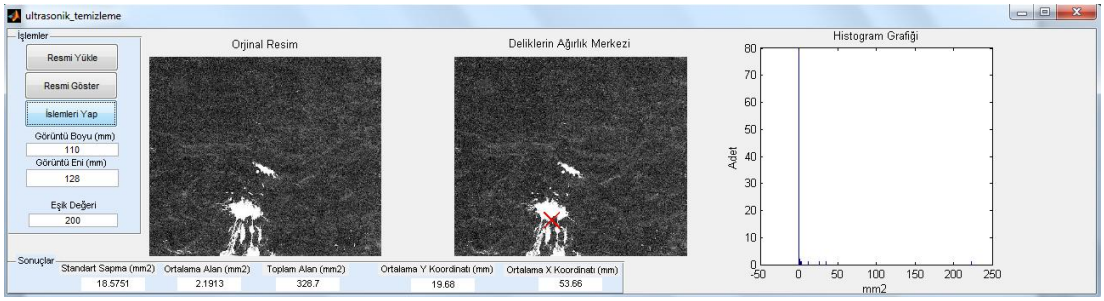
Şekil 5.118 : 20°C sıcaklıkta otomatik taramada 38-40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



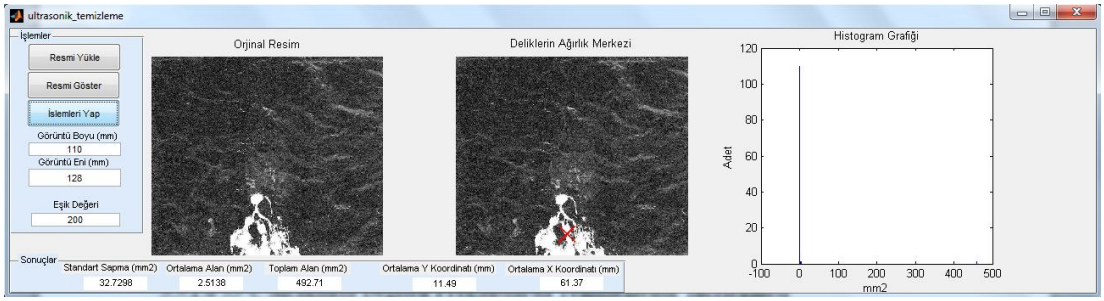
Şekil 5.119 : 30°C sıcaklıkta otomatik modda 38-40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



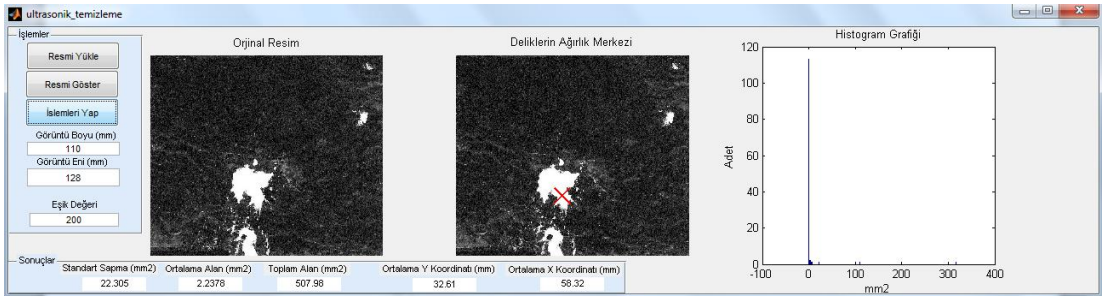
Şekil 5.120 : 40°C sıcaklıkta otomatik modda 38-40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



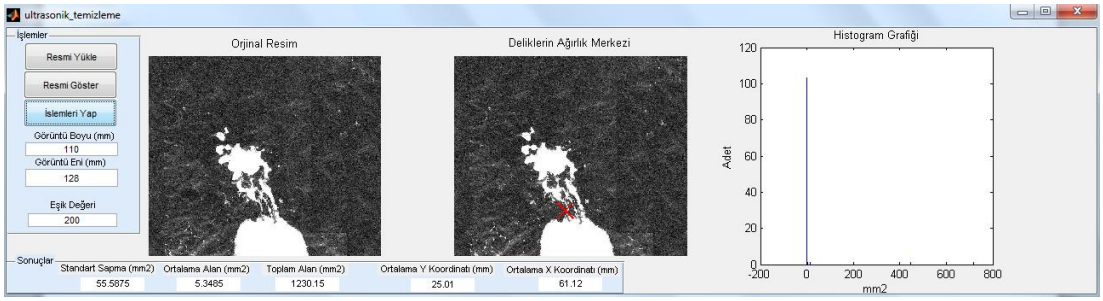
Şekil 5.121 : 45°C sıcaklıkta otomatik modda 38-40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



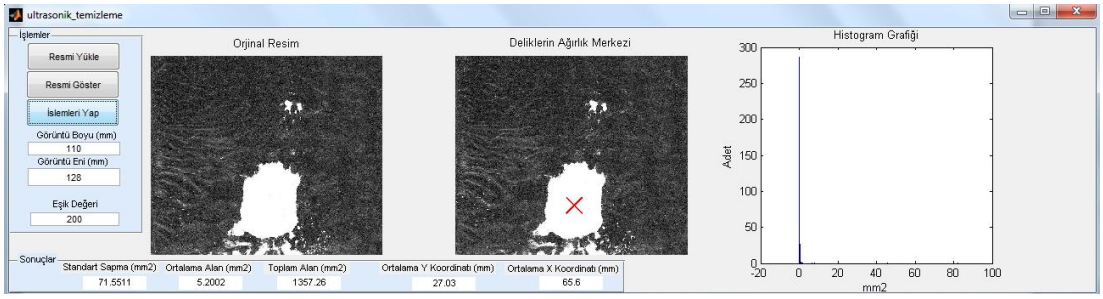
Şekil 5.122 : 50°C sıcaklıkta otomatik modda 38-40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



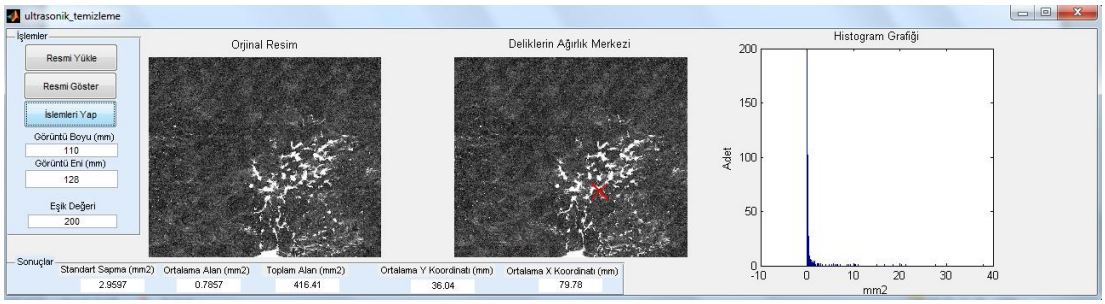
Şekil 5.123 : 55°C sıcaklıkta otomatik modda 38-40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.124 : 60°C sıcaklıkta otomatik modda 38-40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.125 : 65°C sıcaklıkta otomatik modda 38-40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları



Şekil 5.126 : 70°C sıcaklıkta otomatik modda 38-40kHz'de yapılan deneylerin sonuçları

Otomatik Modda 38-40kHz frekans aralığında, değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde temizlemenin homojenliği bakımın 20°C'de en iyi sonuç verdiği görülmüştür. Temizleme alanı açısından en iyi temizleme ise 65°C'de yapılan temizleme olduğu görülmüştür.

5.3 Deneylerin Sonuçları

Yapılan deneylerde kullanılan folyonun boyu 110mm, eni 128mm'dir. Deneylerde eşit ölçülü folyolar kullanılmıştır.

Çizelge 5.1 : Deneylerin sonuçları

Sıcaklık	kHz	Standart Sapma- mm^2	Ortalama Alan- mm^2	Toplam Alan- mm^2	AğırlıkMerkezinin Y Koordinatı- mm	AğırlıkMerkezinin X Koordinatı- mm
20	37	0,0657	0,0925	18,51	55,24	81,53
20	38	1,3607	0,1805	73,29	27,11	77,46
20	39	1,1478	0,2861	51,21	15,36	55,90
20	40	0,0975	0,0943	30,66	32,7	79,50
20	41	0,0645	0,089	44,17	59,87	64,45
20	42	0,6940	0,095	27,3	44	69,35
20	otomatik	0,3528	0,1639	56,54	54,2	61,29
30	37	0,0759	0,0995	61,08	37,54	60,75
30	38	1,6755	0,6264	55,12	12,33	65,26
30	39	1,6764	0,2188	76,13	21,57	78,19
30	40	2,5883	0,2455	89,13	18,98	73,98
30	41	0,1168	0,1159	31,28	24,33	68,64
30	42	0,9163	0,1617	30,88	20,77	85,14
30	otomatik	0,6685	0,1495	100,94	45,89	63,67
40	37	0,3522	0,1458	38,21	27	52,56
40	38	1,4261	0,2146	147,66	20,69	68,39
40	39	2,2681	0,1915	192,28	26,98	65,34
40	40	0,1682	0,1167	133,98	63,91	58,84
40	41	2,6575	0,2946	68,64	21,59	62,80
40	42	1,4195	0,1922	82,66	41,86	67,52
40	otomatik	1,5693	0,3923	167,13	31,84	66,35
45	37	5,6462	0,4498	122,79	11,97	63,63
45	38	0,5992	0,156	138,69	66,85	64,11
45	39	0,5620	0,1583	125,97	51,59	67,02
45	40	0,3193	0,131	61,31	30,66	65,67
45	41	9,9224	0,8925	163,33	7,15	68,63
45	42	0,2671	0,145	50,47	30,59	60,53
45	otomatik	18,5751	2,1913	328,7	19,68	53,66
50	37	0,1658	0,1389	116,27	51,86	58,00
50	38	2,7129	0,3345	174,97	25,77	59,41
50	39	0,3837	0,1659	55,24	40,98	68,40
50	40	3,2514	0,2765	131,88	29,56	67,95
50	41	2,5587	0,2867	67,33	33,38	54,93
50	42	4,5915	0,3099	188,14	24,85	84,12
50	otomatik	32,7798	2,5198	492,71	11,49	61,37
55	37	0,4149	0,1554	73,18	61,33	61,26

Çizelge 5.1 : Deneylerin sonuçları devamı

Sıcaklık	kHz	Standart Sapma- mm^2	Ortalama Alan- mm^2	Toplam Alan- mm^2	AğırlıkMerkezinin Y Koordinatı- mm	AğırlıkMerkezinin X Koordinatı- mm
55	38	7,8207	0,7283	309,51	20,81	46,15
55	39	4,5699	0,3815	168,61	30,64	75,01
55	40	0,6750	0,2377	62,05	26,53	58,48
55	41	0,5775	1,0806	154,53	31,66	24,86
55	42	1,0180	0,1652	164,07	76,56	42,76
55	otomatik	22,3050	2,2378	507,98	32,61	58,32
60	37	1,1925	0,1896	92,71	43,1	63,03
60	38	0,5969	0,183	176,27	39,71	76,49
60	39	55,3260	6,378	861,03	28,31	69,09
60	40	2,3672	0,2264	351,35	53,07	71,81
60	41	0,4670	0,175	204,88	48,62	68,38
60	42	4,2681	0,8078	88,05	40,52	62,14
60	otomatik	55,5875	5,3485	1230,15	25,01	61,12
65	37	0,3525	0,163	142,15	50,46	64,87
65	38	12,2538	1,5319	401,36	23,88	58,76
65	39	26,4855	3,6917	623,9	46,25	53,48
65	40	16,6902	0,9417	452	15,75	67,39
65	41	0,4670	0,175	204,88	48,62	63,38
65	42	3,9334	0,3819	220,72	35,2	74,32
65	otomatik	71,5511	5,2002	1357,26	27,03	65,60
70	37	0,7922	0,2207	229,29	53,69	65,94
70	38	2,7313	0,6784	176,38	22,99	61,86
70	39	38,4906	2,5611	630,03	34,4	71,03
70	40	24,4104	1,4614	489,59	27,66	68,67
70	41	16,1959	1,8905	308,15	27,17	65,76
70	42	0,7907	0,3839	133,98	47,68	58,85
70	otomatik	2,9597	0,7857	416,41	36,04	79,78

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, ses ötesi temizleme etkinliğinin değişen frekans ve sıcaklığa göre incelenmesi yapılmıştır ve sıcaklık, frekans değişimlerine göre temizleme etkinliğinin bulunması amaçlanmıştır.

Folyo üzerinde oluşan delikler, folyo ve deliklerin önceden seçilmiş eşik değerine göre birbirinden ayrıştırılmaktadır. Bu hesaplamayı yaparken görüntü 0-255 arasında değerler verilmiştir ve eşik değeri olarak 200 kullanılmıştır. Bu eşik değeri yapılan deneylerde en optimumu veren değerdir. Değişik boyuttaki folyoların ya da malzemelerin ölçümlerinin de yapılabileceği düşünülerek hesaplamaları yapılan görüntünün değerlerinin ekrandan manuel girilebilmesi sağlanmıştır. Bu sayede görüntü rengine ve boyutuna bakmaksızın hesaplamada gerekli parametreler değiştirilebilmektedir.

6.1 Sabit Sıcaklık Değişen Frekansa Göre Sonuçların İncelenmesi

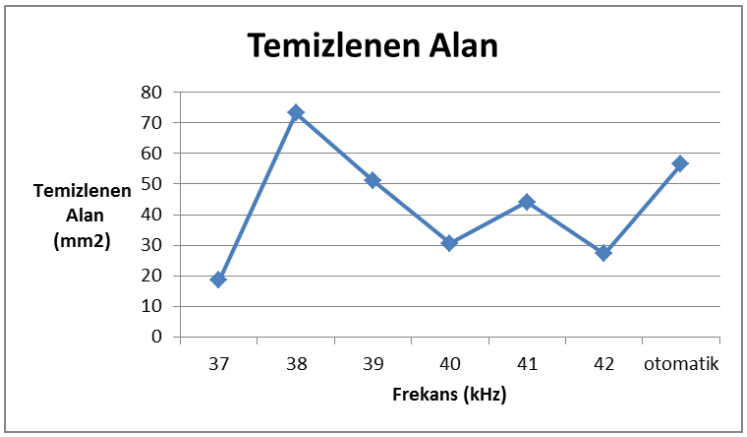
Deneylerin sonuçları incelenirken sıcaklıklar sabit tutulup, frekansların değişimi ile deney sonuçları incelenmiştir.

6.1.1 20°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi

20°C sabit sıcaklıkta ve 37-42 kHz arasında değişen frekanslarda deneyler yapılmıştır ve sonuçları incelenmiştir.

Sıcaklık	Khz	Goruntu Boyu	Görüntü Eni	Eşik Değeri	Standart Sama MM2	Ortalama Alan	Toplam Alan	Ortalama Y Değeri	Ortalama X değeri
20	37	110	128	200	0,0657	0,0925	18,51	55,24	81,53
20	38	110	128	200	1,3607	0,1805	73,29	27,11	77,46
20	39	110	128	200	1,1478	0,2861	51,21	15,36	55,9
20	40	110	128	200	0,0975	0,0943	30,66	32,7	79,5
20	41	110	128	200	0,0645	0,089	44,17	59,87	64,45
20	42	110	128	200	0,694	0,095	27,3	44	69,35
20	otomatik	110	128	200	0,3528	0,1639	56,54	54,2	61,29

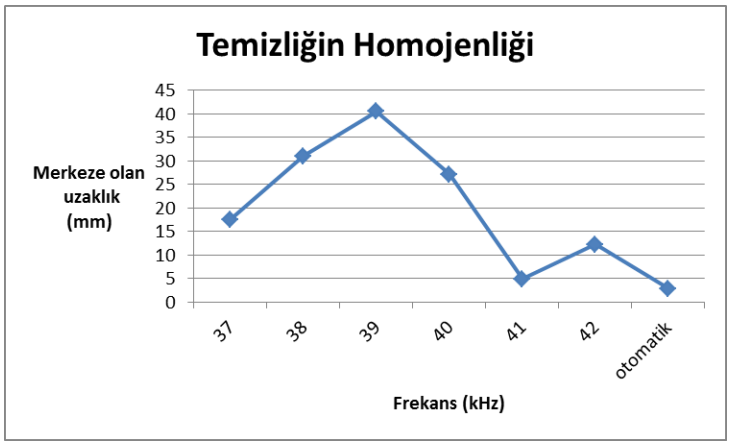
Şekil 6.1: 20°C sıcaklıkta değişen frekanslarda deney sonuçları



Şekil 6.2: 20°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizleme alanının değişimi

Yukarıdaki grafik sabit sıcaklıkta yapılan deneylerde toplam delik alanlarının dağılımını göstermektedir. Toplam alan ne kadar büyük ise temizleme etkinliği açısından o kadar iyi olacaktır.

20°C'de sıcaklıkta temizleme alanı açısından en iyi temizleme 38kHz'de yapılan temizlemedir. 20°C'de otomatik tarama modunun da temizleme alanı açısından etkili olduğu görülmektedir.



Şekil 6.3: 20°C sıcaklıkta değişen frekanslarda homojenliğin değişimi

Yukarıdaki grafikte farklı frenkansta yapılan deneyler sonucunda oluşan bütün deliklerin ortalama ağırlık merkezlerinin, folyonun tam merkezine olan uzaklığı gösterilmiştir. Homojenliğin ölçüsü deliklerin ortalama alanların merkezlerine uzaklığı ile ölçülmektedir. Temizlemenin homojenliği açısından istenen sonuç deliklerin ortalama ağırlık merkezlerinin folyonun tam merkezinde olmasıdır.

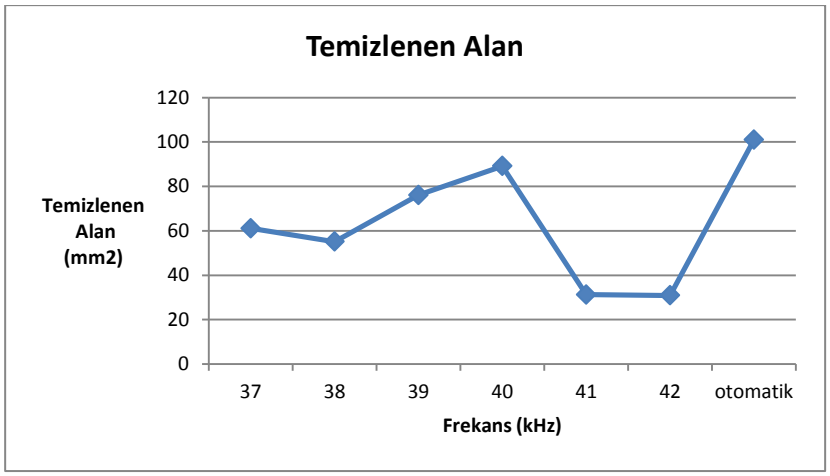
20°C sıcaklıkta yapılan deneylerde düşük frekanslarda temizleme alanı yüksek iken sıcaklık artımıyla homojenliğin arttığı görülmektedir. Temizleme alanı ve homojenliğin ise 20°C'de en iyi temizleme otomatik tarama modunda oluşmaktadır.

6.1.2 30°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi

30°C sabit sıcaklıkta ve 37-42 kHz arasında değişen frekanslarda deneyler yapılmıştır ve sonuçları incelenmiştir.

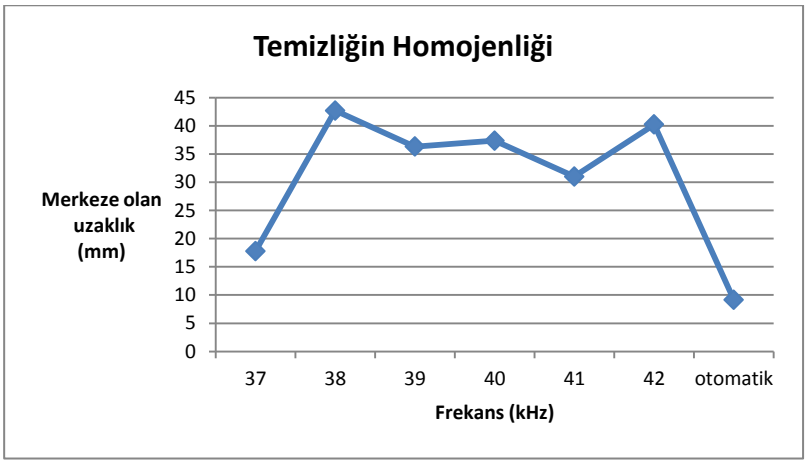
Sıcaklık	Khz	Goruntu Boyu	Görüntü Eni	Eşik Değeri	Standart Sama MM2	Ortalama Alan	Toplam Alan	Ortalama Y Değeri	Ortalama X değeri
30	37	110	128	200	0,0759	0,0995	61,08	37,54	60,75
30	38	110	128	200	1,6755	0,6264	55,12	12,33	65,26
30	39	110	128	200	1,6764	0,2188	76,13	21,57	78,19
30	40	110	128	200	2,5883	0,2455	89,13	18,98	73,98
30	41	110	128	200	0,1168	0,1159	31,28	24,33	68,64
30	42	110	128	200	0,9163	0,1617	30,88	20,77	85,14
30	otomatik	110	128	200	0,6685	0,1495	100,94	45,89	63,67

Şekil 6.4: 30°C sıcaklıkta değişen frekanslarda deney sonuçları



Şekil 6.5: 30°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizleme alanının değişimi

30°C sıcaklıkta yapılan deneylerde rezonans frekansına yakın noktalarda(38-40 Khz arası) temizleme alanın arttığı görülmektedir. Temizleme açısından rezonans frekansı temizlemenin yapıldığı sıvı türü, sıcaklık, sıvının içindeki çözeltiler vb. gibi birçok faktor etki ettiği için otomatik tarama rezonansa yaklaşılan en yakın frekanstır. 30°C 'de alan açısından en iyi temizleme otomatik tarama modunda yapılan temizlemedir.



Şekil 6.6: 30°C sıcaklıkta değişen frekanslarda homojenliğin değişimi

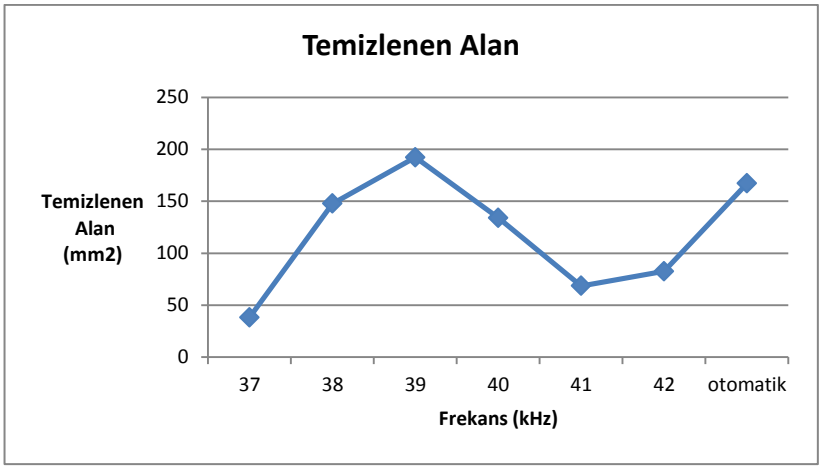
30°C sıcaklıkta yapılan deneylerde rezonans frekansına yakın noktalarda homojenlik açısından iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu sebeple en homojen temizleme otomatik tarama moduna yapılan temizlemedir.

6.1.3 40°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi

40°C sabit sıcaklıkta ve 37-42 kHz arasında değişen frekanslarda deneyler yapılmıştır ve sonuçları incelenmiştir.

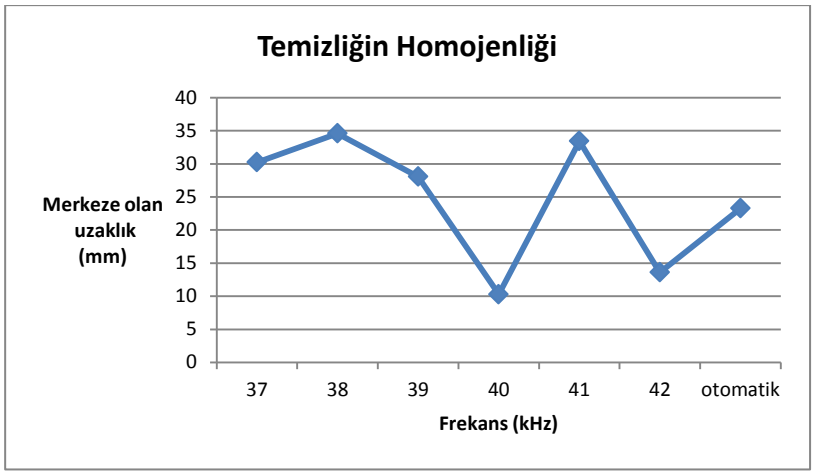
Sıcaklık	Khz	Goruntu Boyu	Görüntü Eni	Eşik Değeri	Standart Sama MM2	Ortalama Alan	Toplam Alan	Ortalama Y Değeri	Ortalama X değeri
40	37	110	128	200	0,3522	0,1458	38,21	27	52,56
40	38	110	128	200	1,4261	0,2146	147,66	20,69	68,39
40	39	110	128	200	2,2681	0,1915	192,28	26,98	65,34
40	40	110	128	200	0,1682	0,1167	133,98	63,91	58,84
40	41	110	128	200	2,6575	0,2946	68,64	21,59	62,8
40	42	110	128	200	1,4195	0,1922	82,66	41,86	67,52
40	otomatik	110	128	200	1,5693	0,3923	167,13	31,84	66,35

Şekil 6.7: 40°C sıcaklıkta değişen frekanslarda deney sonuçları



Şekil 6.8: 40°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizleme alanının değişimi

40°C sabit sıcaklıkta yapılan deneylerde rezonans frekansına yakın yerlerde temizleme alanının arttığı görülmüştür. Temizleme alanı açısından en iyi temizleme 39kHz'de yapılan temizleme olduğu görülmüştür.



Şekil 6.9: 40°C sıcaklıkta farklı frekanslarda homojenliğin değişimi

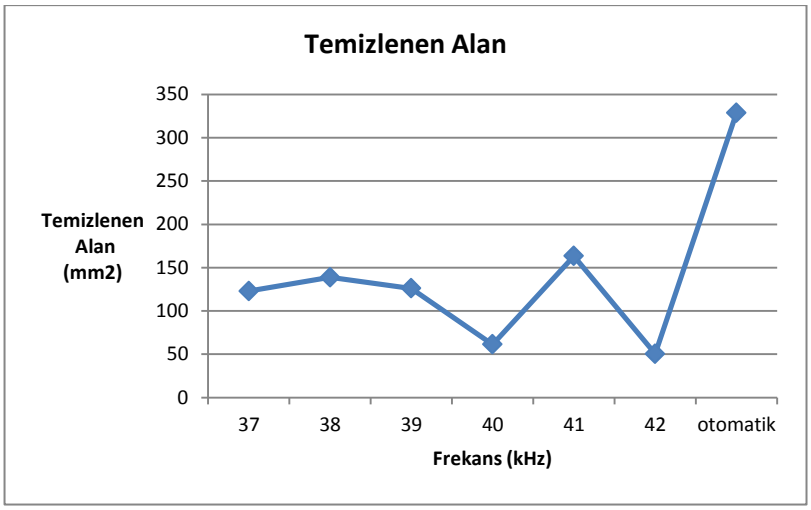
40°C sabit sıcaklıkta yapılan deneylerde en homojen temizlik 40kHz'deki temizlemedir. Frekans 37KHz'den 40Khz'e arttırıldıkça homojenlik artmaktadır.

6.1.4 45°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi

45°C sabit sıcaklıkta ve 37-42 kHz arasında değişen frekanslarda deneyler yapılmıştır ve sonuçları incelenmiştir.

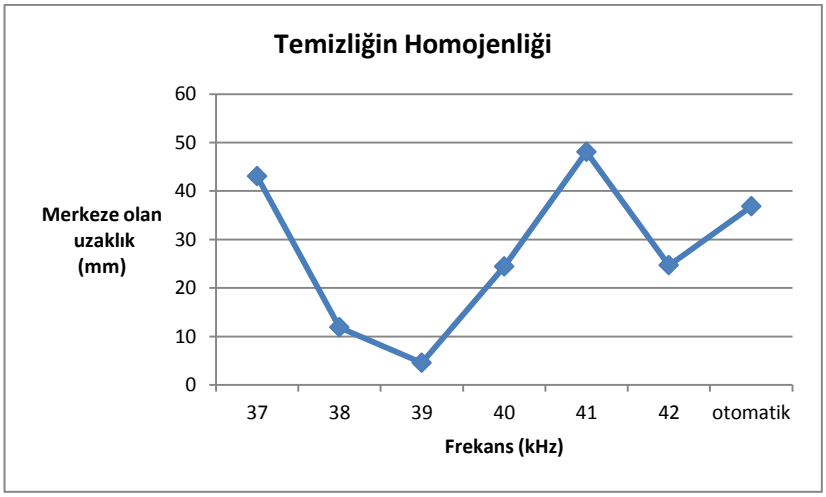
Sıcaklık	Khz	Goruntu Boyu	Görüntü Eni	Eşik Değeri	Standart Sama MM2	Ortalama Alan	Toplam Alan	Ortalama Y Değeri	Ortalama X değeri
45	37	110	128	200	5,6462	0,4498	122,79	11,97	63,63
45	38	110	128	200	0,5992	0,156	138,69	66,85	64,11
45	39	110	128	200	0,562	0,1583	125,97	51,59	67,02
45	40	110	128	200	0,3193	0,131	61,31	30,66	65,67
45	41	110	128	200	9,9224	0,8925	163,33	7,15	68,63
45	42	110	128	200	0,2671	0,145	50,47	30,59	60,53
45	otomatik	110	128	200	18,5751	2,1913	328,7	19,68	53,66

Şekil 6.10: 45°C sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların değişimi



Şekil 6.11: 45°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizleme alanının değişimi

45°C sabit sıcaklıklarda yapılan deneylerde temizleme alanı açısından en iyi temizleme otomatik tarama frekansında yapılan temizlemedir. Diğer frekanslarda yapılan temizlemede temizlenen alan değeri çok daha düşük olmaktadır.



Şekil 6.12: 45°C sıcaklıkta değişen frekanslarda homojenliğin değişimi

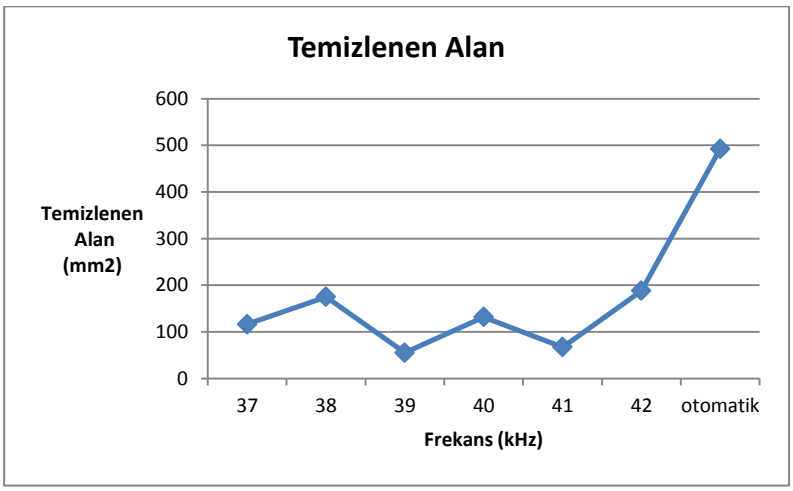
45°C sıcaklık ve 39kHz'de yapılan deneylerde en homojen temizleme olduğu görülmektedir. 39kHz frekanstan uzaklaştıkça homojenliğin azaldığı görülmektedir.

6.1.5 50°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi

50°C sabit sıcaklıkta ve 37-42 kHz arasında değişen frekanslarda deneyler yapılmıştır ve sonuçları incelenmiştir.

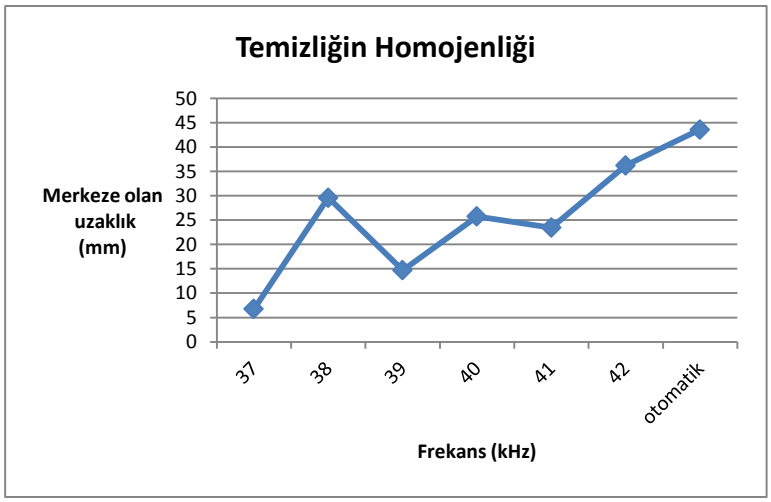
Sıcaklık	Khz	Goruntu Boyu	Görüntü Eni	Eşik Değeri	Standart Sama MM2	Ortalama Alan	Toplam Alan	Ortalama Y Değeri	Ortalama X değeri
50	37	110	128	200	0,1658	0,1389	116,27	51,86	58
50	38	110	128	200	2,7129	0,3345	174,97	25,77	59,41
50	39	110	128	200	0,3837	0,1659	55,24	40,98	68,4
50	40	110	128	200	3,2514	0,2765	131,88	29,56	67,95
50	41	110	128	200	2,5587	0,2867	67,33	33,38	54,93
50	42	110	128	200	4,5915	0,3099	188,14	24,85	84,12
50	otomatik	110	128	200	32,7798	2,5198	492,71	11,49	61,37

Şekil 6.13: 50°C sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların değişimi



Şekil 6.14: 50°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizleme alanının değişimi

50°C sıcaklıkta yapılan deneylerde temizleme alanı açısından en iyi otomatik tarama frekansında yapılan temizlemedir Diğer frekanslarda yapılan temizlemede temizlenen alan değeri çok daha düşük olmaktadır.



Şekil 6.15: 50°C sıcaklıkta değişen frekanslarda homojenliğin değişimi

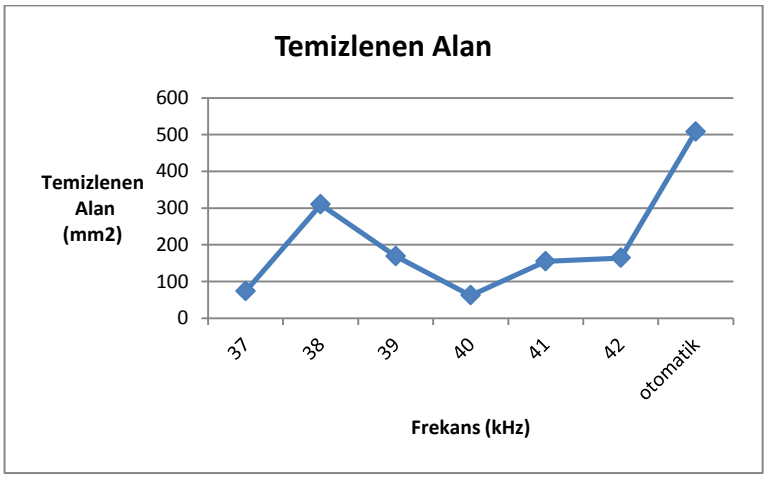
50°C sıcaklıkta yapılan deneylerde 37kHz'de yapılan deneyde homojenlik açısından en iyi sonuç verdiği görülmektedir. 50°C'de frekans artımıyla homojenliğin azaldığı görülmektedir.

6.1.6 55°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi

55°C sabit sıcaklıkta ve 37-42 kHz arasında değişen frekanslarda deneyler yapılmıştır ve sonuçları incelenmiştir.

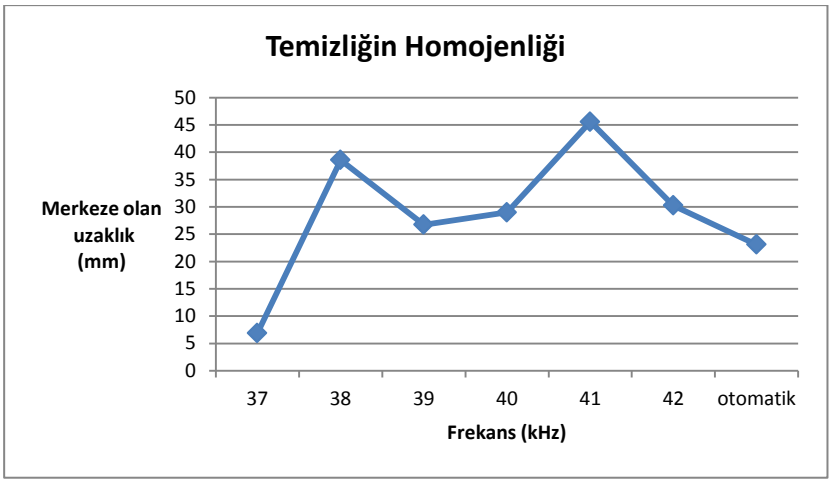
Sıcaklık	Khz	Goruntu Boyu	Görüntü Eni	Eşik Değeri	Standart Sama MM2	Ortalama Alan	Toplam Alan	Ortalama Y Değeri	Ortalama X değeri
55	37	110	128	200	0,4149	0,1554	73,18	61,33	61,26
55	38	110	128	200	7,8207	0,7283	309,51	20,81	46,15
55	39	110	128	200	4,5699	0,3815	168,61	30,64	75,01
55	40	110	128	200	0,675	0,2377	62,05	26,53	58,48
55	41	110	128	200	0,5775	1,0806	154,53	31,66	24,86
55	42	110	128	200	1,018	0,1652	164,07	76,56	42,76
55	otomatik	110	128	200	22,305	2,2378	507,98	32,61	58,32

Şekil 6.16: 55°C sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların değişimi



Şekil 6.17: 55°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizleme alanının değişimi

55°C sıcaklıkta yapılan deneylerde temizleme alanı açısından en iyi temizleme otomatik tarama modunda yapılan temizleme olduğu görülmektedir.



Şekil 6.18: 55°C sıcaklıkta değişen frekanslarda homojenliğin değişimi

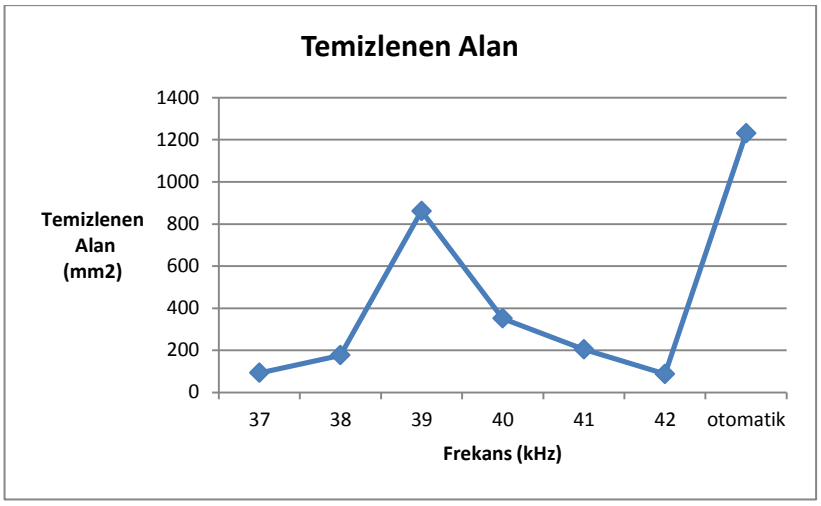
55°C sıcaklıkta yapılan deneylerde 37kHz'de yapılan temizlemenin en homojen temizleme olduğu görülmektedir.

6.1.7 60°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi

60°C sabit sıcaklıkta ve 37-42 kHz arasında değişen frekanslarda deneyler yapılmıştır ve sonuçları incelenmiştir.

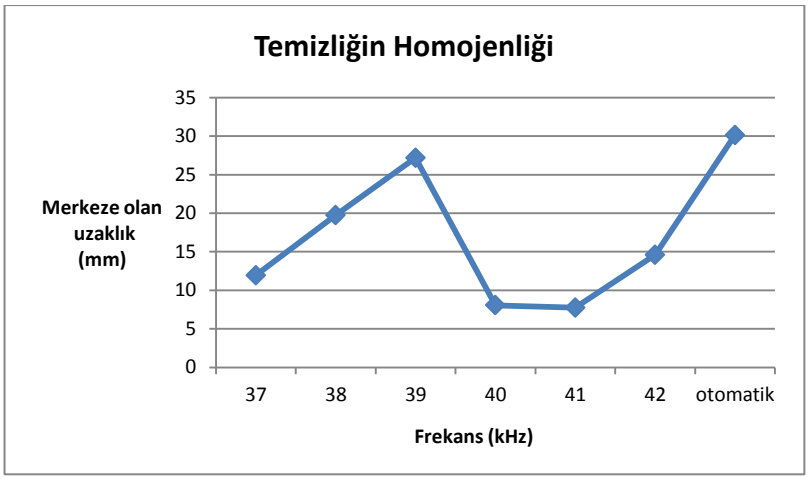
Sıcaklık	Khz	Goruntu Boyu	Görüntü Eni	Eşik Değeri	Standart Sama MM2	Ortalama Alan	Toplam Alan	Ortalama Y Değeri	Ortalama X değeri
60	37	110	128	200	1,1925	0,1896	92,71	43,1	63,03
60	38	110	128	200	0,5969	0,183	176,27	39,71	76,49
60	39	110	128	200	55,326	6,378	861,03	28,31	69,09
60	40	110	128	200	2,3672	0,2264	351,35	53,07	71,81
60	41	110	128	200	0,467	0,175	204,88	48,62	68,38
60	42	110	128	200	4,2681	0,8078	88,05	40,52	62,14
60	otomatik	110	128	200	55,5875	5,3485	1230,15	25,01	61,12

Şekil 6.19: 60°C sıcaklıkta değişen frekanslarda deney sonuçları



Şekil 6.20: 60°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizleme alanının değişimi

60°C'de yapılan deneylerde 39 kHz'deki frekansa yaklaşıldıkça temizleme alanı açısından artış olduğu görülmektedir. 60°C'de temizleme alanı açısından 39kHz frekansını da içeren otomatik tarama modunda en iyi temizleme olduğu görülmektedir.



Şekil 6.21: 60°C sıcaklıkta değişen frekanslarda homojenliğin değişimi

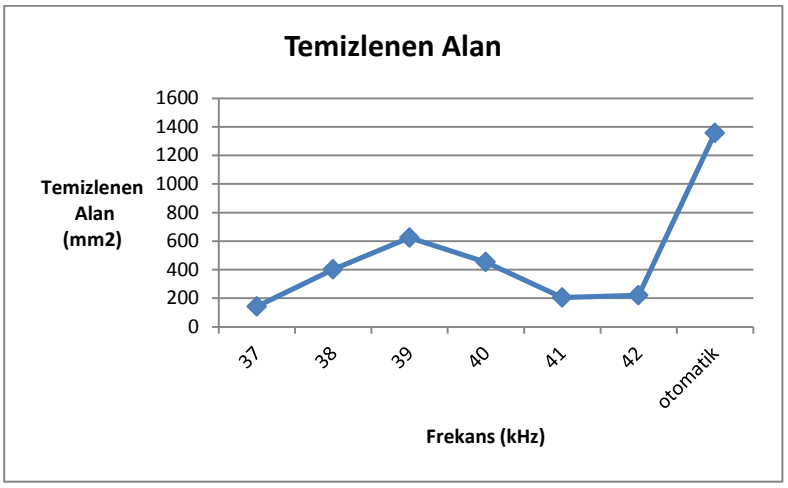
60°C sabit sıcaklık ve 40 ve 41 kHz'lerde yapılan deneylerde en homojen temizleme olduğu görülmektedir.

6.1.8 65°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi

65°C sabit sıcaklıkta ve 37-42 kHz arasında değişen frekanslarda deneyler yapılmıştır ve sonuçları incelenmiştir.

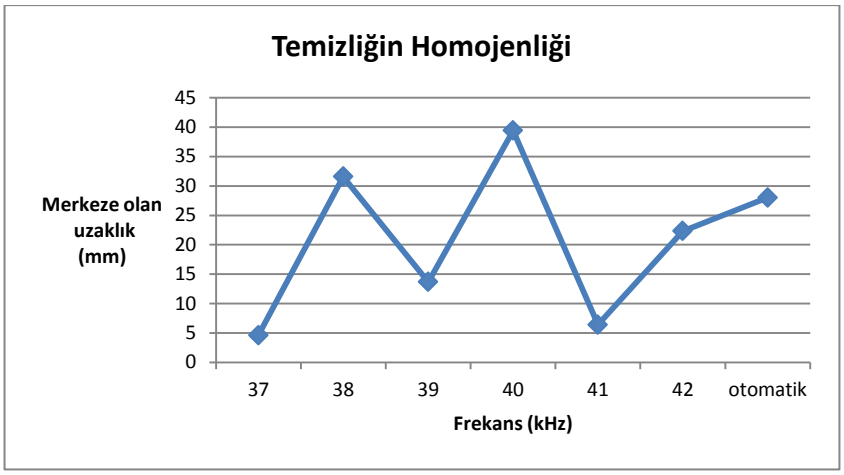
Sıcaklık	Khz	Goruntu Boyu	Görüntü Eni	Eşik Değeri	Standart Sama MM2	Ortalama Alan	Toplam Alan	Ortalama Y Değeri	Ortalama X değeri
65	37	110	128	200	0,3525	0,163	142,15	50,46	64,87
65	38	110	128	200	12,2538	1,5319	401,36	23,88	58,76
65	39	110	128	200	26,4855	3,6917	623,9	46,25	53,48
65	40	110	128	200	16,6902	0,9417	452	15,75	67,39
65	41	110	128	200	0,467	0,175	204,88	48,62	63,38
65	42	110	128	200	3,9334	0,3819	220,72	35,2	74,32
65	otomatik	110	128	200	71,5511	5,2002	1357,26	27,03	65,6

Şekil 6.22: 65°C 'de değişen frekanslarda deney sonuçları



Şekil 6.23: 65°C sıcaklıkta değişen frekanslarda temizleme alanlarının değişimi

65°C sıcaklıkta yapılan deneylerde 39 kHz frekansa yaklaşıldıkça temizleme alanı açısından artış olduğu görülmektedir. 60°C'de temizleme alanı açısından otomatik tarama modunda en iyi temizleme olduğu görülmektedir.



Şekil 6.24: 65°C sıcaklıkta değişen frekanslarda homojenliğin değişimi

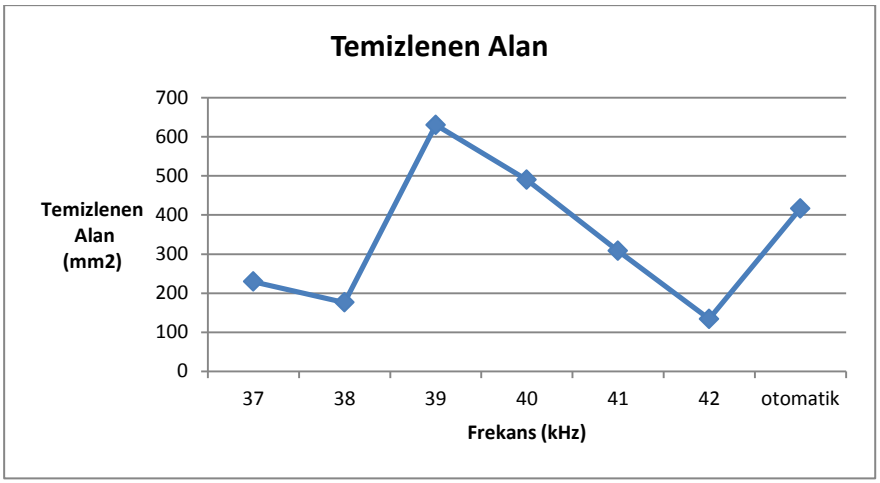
65°C sıcaklıkta yapılan deneylerde 37 kHz frekansta yapılan temizlemenin homojenlik açısından en iyi temizleme olduğu görülmektedir.

6.1.9 70°C sabit sıcaklıkta değişen frekanslarda sonuçların incelenmesi

70°C sabit sıcaklıkta ve 37-42 kHz arasında değişen frekanslarda deneyler yapılmıştır ve sonuçları incelenmiştir.

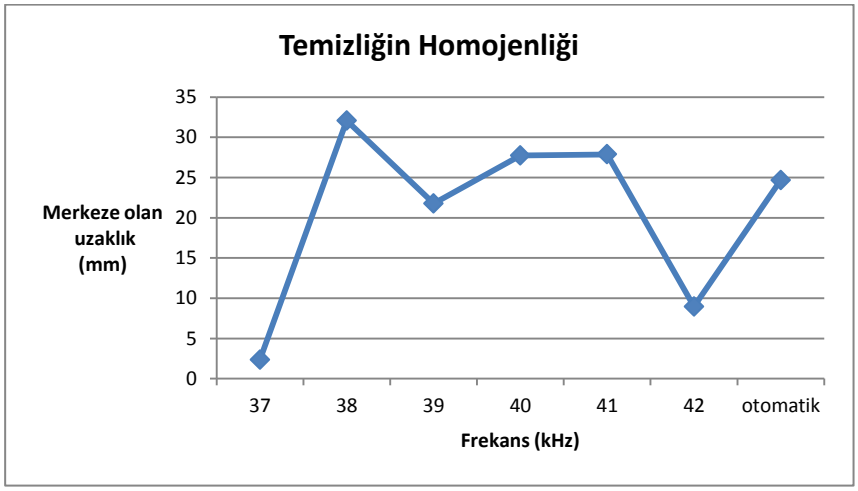
Sıcaklık	Khz	Goruntu Boyu	Görüntü Eni	Eşik Değeri	Standart Sama MM2	Ortalama Alan	Toplam Alan	Ortalama Y Değeri	Ortalama X değeri
70	37	110	128	200	0,7922	0,2207	229,29	53,69	65,94
70	38	110	128	200	2,7313	0,6784	176,38	22,99	61,86
70	39	110	128	200	38,4906	2,5611	630,03	34,4	71,03
70	40	110	128	200	24,4104	1,4614	489,59	27,66	68,67
70	41	110	128	200	16,1959	1,8905	308,15	27,17	65,76
70	42	110	128	200	0,7907	0,3839	133,98	47,68	58,85
70	otomatik	110	128	200	2,9597	0,7857	416,41	36,04	79,78

Şekil 6.25: 70°C sıcaklıkta değişen frekanslarda deney sonuçları



Şekil 6.26: 70°C'de değişen frekanslarda temizleme alanlarının değişimi

70°C sıcaklıkta yapılan deneylerde 39 kHz'deki temizlemenin alan açısından en iyi temizleme olduğu görülmektedir. 39kHz'e yakın frekanslarda temizleme alanın arttığı görülmektedir.



Şekil 6.27: 70°C sıcaklıkta değişen frekanslarda homojenliğin değişimi

70°C sıcaklıkta yapılan deneylerde 37kHz'de yapılan deneylerin homojenlik açısından en iyi sonuç verdiği görülmektedir.

6.2 Sabit Freakslarda Değişen Sıcaklıklara Göre Sonuçların İncelenmesi

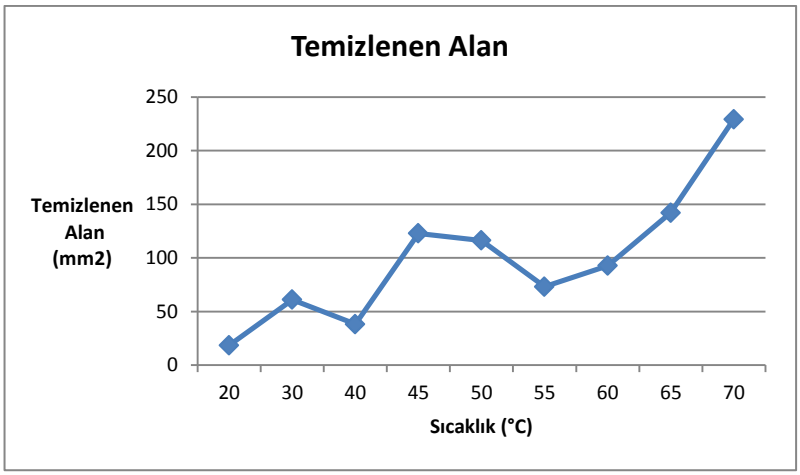
Deneylerin sonuçları incelenirken frekans değeri sabit tutulup, sıcaklıkların değişimi ile sonuçlar incelenmiştir.

6.2.1 37kHz sabit frekans ve değişen sıcaklıklarda sonuçların incelenmesi

37kHz sabit frekans ve 20-70°C değişen sıcaklıklar arasında deneyler yapılmıştır ve sonuçları incelenmiştir.

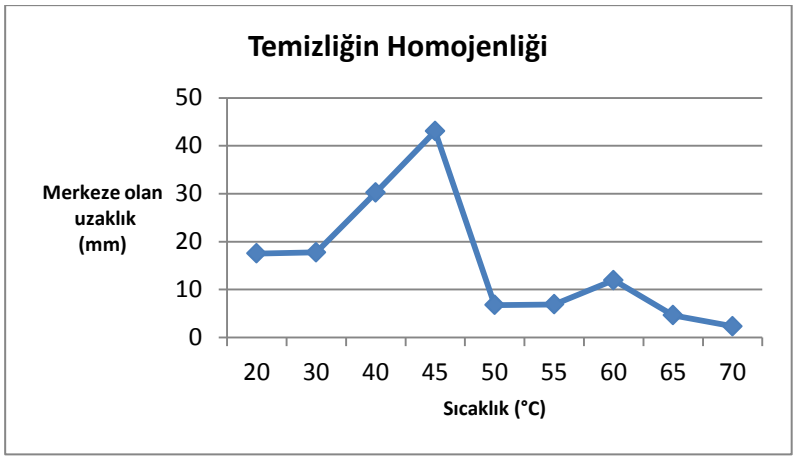
Sıcaklık	Khz	Goruntu Boyu	Görüntü Eni	Eşik Değeri	Standart Sama MM2	Ortalama Alan	Toplam Alan	Ortalama Y Değeri	Ortalama X değeri
20	37	110	128	200	0,0657	0,0925	18,51	55,24	81,53
30	37	110	128	200	0,0759	0,0995	61,08	37,54	60,75
40	37	110	128	200	0,3522	0,1458	38,21	27	52,56
45	37	110	128	200	5,6462	0,4498	122,79	11,97	63,63
50	37	110	128	200	0,1658	0,1389	116,27	51,86	58
55	37	110	128	200	0,4149	0,1554	73,18	61,33	61,26
60	37	110	128	200	1,1925	0,1896	92,71	43,1	63,03
65	37	110	128	200	0,3525	0,163	142,15	50,46	64,87
70	37	110	128	200	0,7922	0,2207	229,29	53,69	65,94

Şekil 6.28: 37kHz frekansta değişen sıcaklıklarda deney sonuçları



Şekil 6.29: 37kHz frekansta değişen sıcaklıklarda temizleme alanının değişimi

37kHz sabit frekansta değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde temizlenenen alanın sıcaklık artımıyla arttığı görülmektedir. Temizleme alanı açısından en iyi temizleme deneylerin yapılmış olduğu en yüksek sıcaklık olan 70°C'de olduğu görülmektedir.



Şekil 6.30: 37kHz frekansta değişen sıcaklıklarda homojenliğin değişimi

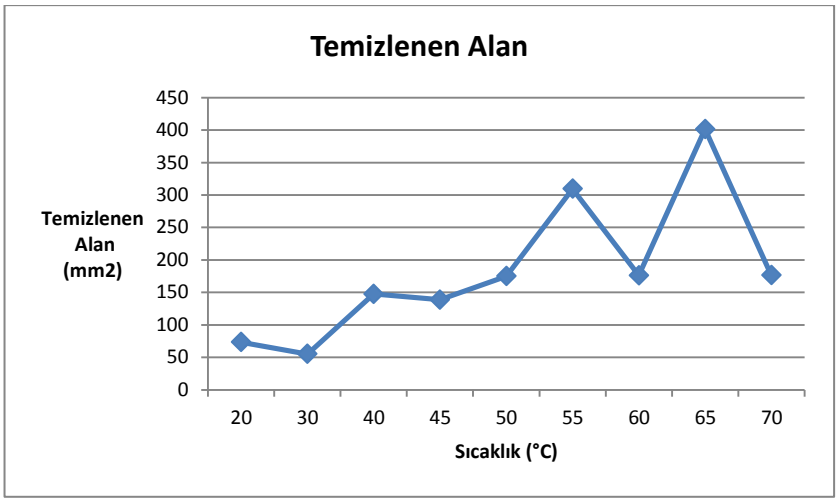
37kHz sabit frekansta değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde homojenliğin sıcaklık artımıyla arttığı görülmektedir. En homojen temizleme 70°C'de yapılan temizlemedir.

6.2.2 38 kHz sabit frekans ve değişen sıcaklıklarda sonuçların incelenmesi

38kHz sabit frekans ve 20-70°C değişen sıcaklıklar arasında deneyler yapılmıştır ve sonuçları incelenmiştir.

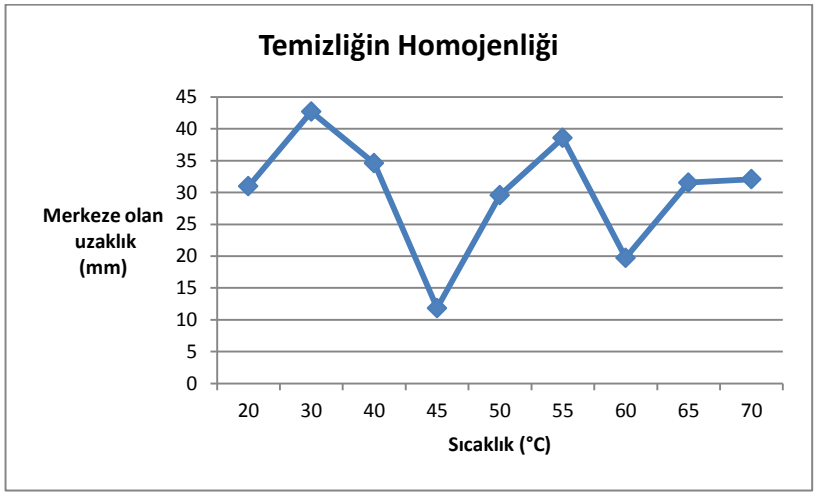
Sıcaklık	Khz	Goruntu Boyu	Görüntü Eni	Eşik Değeri	Standart Sama MM2	Ortalama Alan	Toplam Alan	Ortalama Y Değeri	Ortalama X değeri
20	38	110	128	200	1,3607	0,1805	73,29	27,11	77,46
30	38	110	128	200	1,6755	0,6264	55,12	12,33	65,26
40	38	110	128	200	1,4261	0,2146	147,66	20,69	68,39
45	38	110	128	200	0,5992	0,156	138,69	66,85	64,11
50	38	110	128	200	2,7129	0,3345	174,97	25,77	59,41
55	38	110	128	200	7,8207	0,7283	309,51	20,81	46,15
60	38	110	128	200	0,5969	0,183	176,27	39,71	76,49
65	38	110	128	200	12,2538	1,5319	401,36	23,88	58,76
70	38	110	128	200	2,7313	0,6784	176,38	22,99	61,86

Şekil 6.31: 38kHz frekansta değişen sıcaklıklarda deney sonuçları



Şekil 6.32: 38kHz frekansta değişen sıcaklıklarda temizleme alanının değişimi

38kHz sabit frekansta değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde temizlenen alanının sıcaklık artımıyla arttığı görülmektedir. Temizleme alanı açısından en iyi temizleme 65°C sıcaklıkta yapılan temizleme olduğu görülmektedir.



Şekil 6.33: 38kHz frekansta değişen sıcaklıklarda homojenliğin değişimi

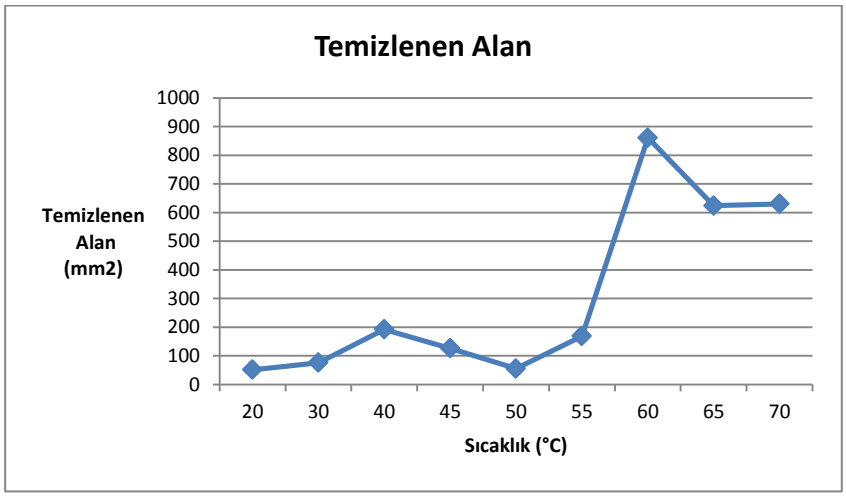
38kHz sabit frekans ve değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde en homojen temizleme 45°C'de yapılan temizlemedir.

6.2.3 39kHz sabit frekans ve değişen sıcaklıklarda sonuçların incelenmesi

39kHz sabit frekans ve 20-70°C değişen sıcaklıklar arasında deneyler yapılmıştır ve sonuçları incelenmiştir.

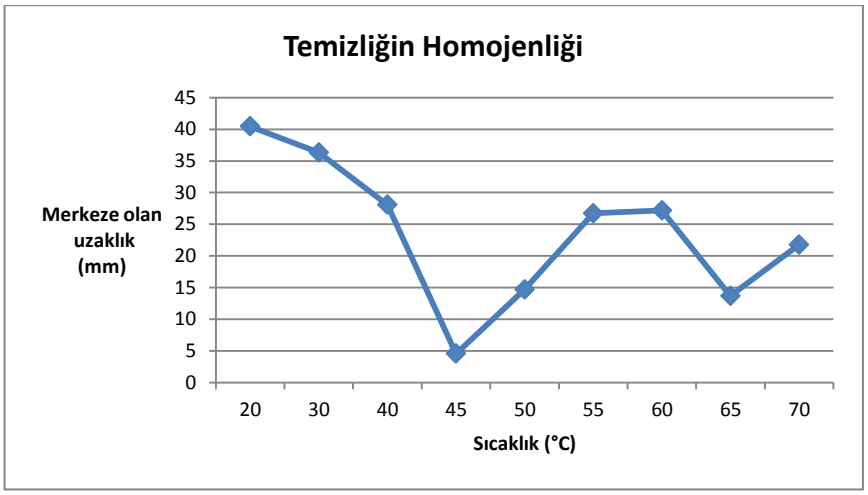
Sıcaklık	Khz	Goruntu Boyu	Görüntü Eni	Eşik Değeri	Standart Sama MM2	Ortalama Alan	Toplam Alan	Ortalama Y Değeri	Ortalama X değeri
20	39	110	128	200	1,1478	0,2861	51,21	15,36	55,9
30	39	110	128	200	1,6764	0,2188	76,13	21,57	78,19
40	39	110	128	200	2,2681	0,1915	192,28	26,98	65,34
45	39	110	128	200	0,562	0,1583	125,97	51,59	67,02
50	39	110	128	200	0,3837	0,1659	55,24	40,98	68,4
55	39	110	128	200	4,5699	0,3815	168,61	30,64	75,01
60	39	110	128	200	55,326	6,378	861,03	28,31	69,09
65	39	110	128	200	26,4855	3,6917	623,9	46,25	53,48
70	39	110	128	200	38,4906	2,5611	630,03	34,4	71,03

Şekil 6.34: 39kHz frekansta değişen sıcaklıklarda deney sonuçları



Şekil 6.35: 39kHz frekansta değişen sıcaklıklarda temizleme alanının değişimi

39kHz sabit frekansta değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde temizlenen alanın sıcaklık artımıyla arttığı görülmektedir. Temizlenen alan açısından en iyi temizleme 60°C'de yapılan temizleme olduğu görülmektedir.



Şekil 6.36: 39kHz frekansta değişen sıcaklıklarda homojenliğin değişimi

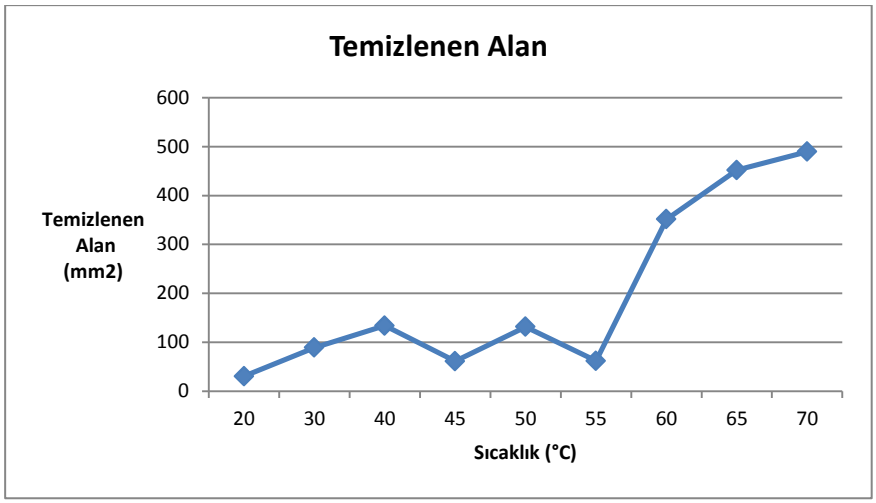
39kHz sabit frekans ve değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde en homojen temizleme 45°C sıcaklıkta yapılan temizlemedir.

6.2.4 40kHz sabit frekans ve değişen sıcaklıklarda sonuçların incelenmesi

40kHz sabit frekans ve 20-70°C değişen sıcaklıklar arasında deneyler yapılmıştır ve sonuçları incelenmiştir.

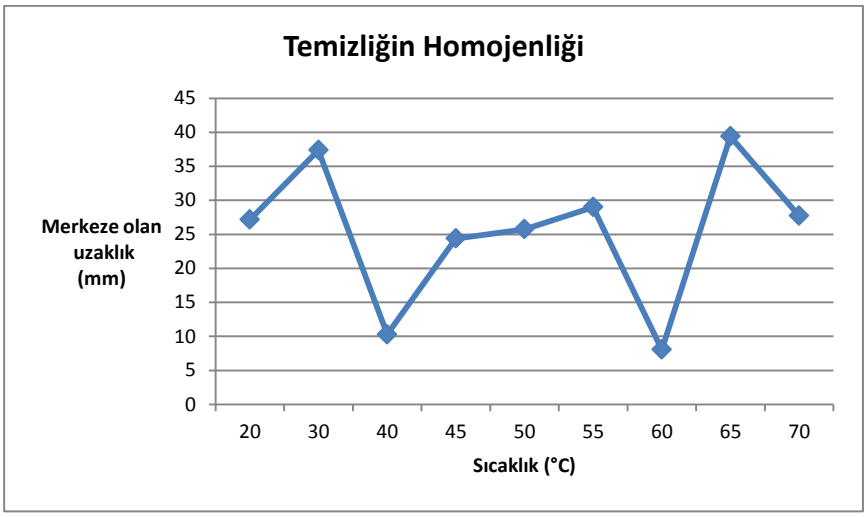
Sıcaklık	Khz	Goruntu Boyu	Görüntü Eni	Eşik Değeri	Standart Sama MM^2	Ortalama Alan	Toplam Alan	Ortalama Y Değeri	Ortalama X değeri
20	40	110	128	200	0,0975	0,0943	30,66	32,7	79,5
30	40	110	128	200	2,5883	0,2455	89,13	18,98	73,98
40	40	110	128	200	0,1682	0,1167	133,98	63,91	58,84
45	40	110	128	200	0,3193	0,131	61,31	30,66	65,67
50	40	110	128	200	3,2514	0,2765	131,88	29,56	67,95
55	40	110	128	200	0,675	0,2377	62,05	26,53	58,48
60	40	110	128	200	2,3672	0,2264	351,35	53,07	71,81
65	40	110	128	200	16,6902	0,9417	452	15,75	67,39
70	40	110	128	200	24,4104	1,4614	489,59	27,66	68,67

Şekil 6.37: 40kHz frekansta değişen sıcaklıklarda deney sonuçları



Şekil 6.38: 40kHz frekansta değişen sıcaklıklarda temizleme alanının değişimi

40kHz sabit frekansta değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde temizlemenin alan sıcaklık artımıyla arttığı görülmektedir. Temizlenen alan açısından en iyi temizleme 70°C sıcaklıkta yapılan temizleme olduğu görülmektedir.



Şekil 6.39: 40kHz frekansta değişen sıcaklıklarda homojenliğin değişimi

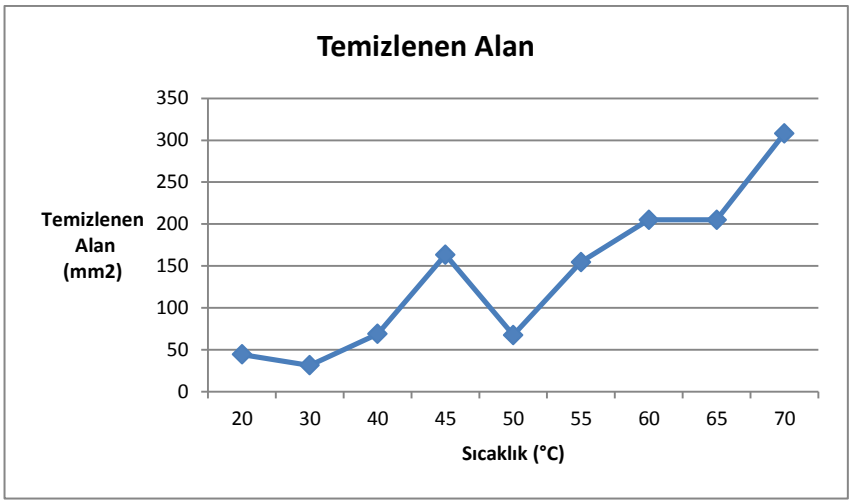
40kHz sabit frekans ve değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde en homojen temizleme 60°C sıcaklıkta yapılan temizlemedir.

6.2.5 41kHz sabit frekans ve değişen sıcaklıklarda sonuçların incelenmesi

41kHz sabit frekans ve 20-70°C değişen sıcaklıklar arasında deneyler yapılmıştır ve sonuçları incelenmiştir.

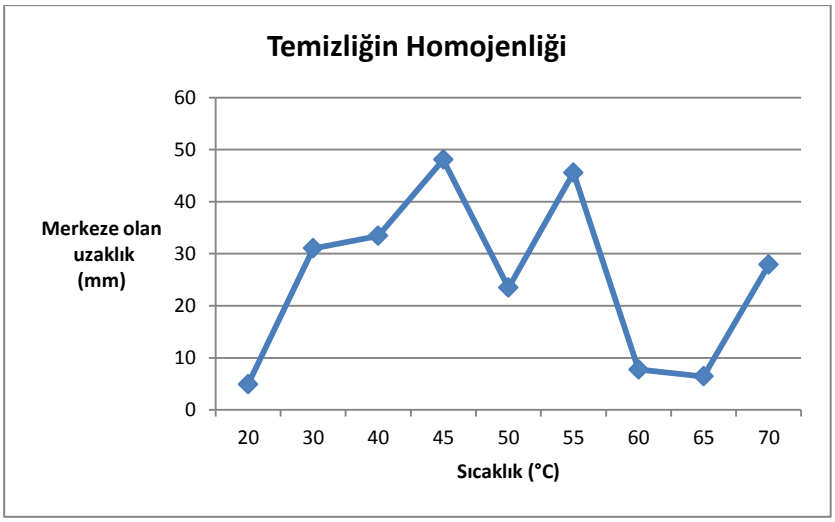
Sıcaklık	Khz	Goruntu Boyu	Görüntü Eni	Eşik Değeri	Standart Sama MM^2	Ortalama Alan	Toplam Alan	Ortalama Y Değeri	Ortalama X değeri
20	41	110	128	200	0,0645	0,089	44,17	59,87	64,45
30	41	110	128	200	0,1168	0,1159	31,28	24,33	68,64
40	41	110	128	200	2,6575	0,2946	68,64	21,59	62,8
45	41	110	128	200	9,9224	0,8925	163,33	7,15	68,63
50	41	110	128	200	2,5587	0,2867	67,33	33,38	54,93
55	41	110	128	200	0,5775	1,0806	154,53	31,66	24,86
60	41	110	128	200	0,467	0,175	204,88	48,62	68,38
65	41	110	128	200	0,467	0,175	204,88	48,62	63,38
70	41	110	128	200	16,19587	1,8905	308,15	27,17	65,76

Şekil 6.40: 41kHz frekansta değişen sıcaklıklarda deney sonuçları



Şekil 6.41: 41kHz frekansta değişen sıcaklıklarda temizleme alanının değişimi

41kHz sabit frekansta değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde temizlenen alanın sıcaklık artımıyla arttığı görülmektedir. Temizlenen alan açısından en iyi temizleme 70°C'de yapılan temizleme olduğu görülmektedir.



Şekil 6.42: 41kHz frekansta değişen sıcaklıklarda homojenliğin değişimi

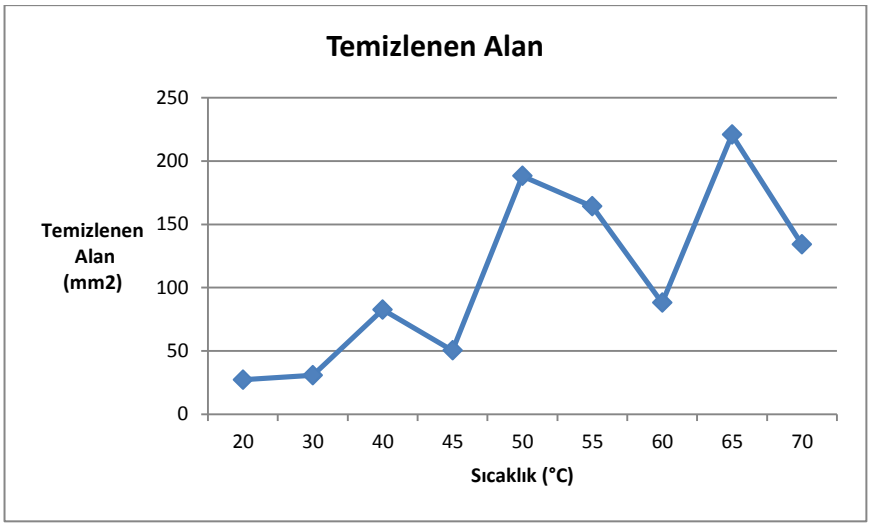
41kHz sabit frekans ve değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde en homojen temizleme 20°C'de yapılan temizlemedir.

6.2.6 42kHz sabit frekans ve değişen sıcaklıklarda sonuçların incelenmesi

42kHz sabit frekans ve 20-70°C değişen sıcaklıklar arasında deneyler yapılmıştır ve sonuçları incelenmiştir.

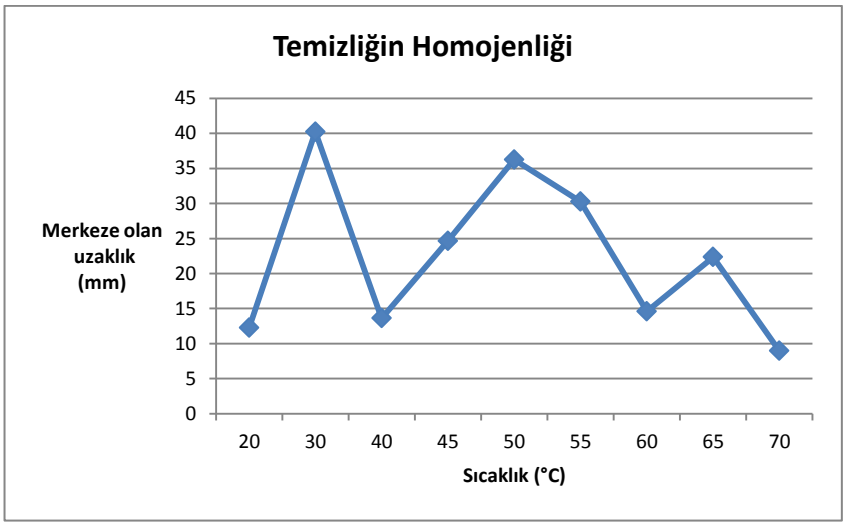
Sıcaklık	Khz	Goruntu Boyu	Görüntü Eni	Eşik Değeri	Standart Sama MM^2	Ortalama Alan	Toplam Alan	Ortalama Y Değeri	Ortalama X değeri
20	42	110	128	200	0,694	0,095	27,3	44	69,35
30	42	110	128	200	0,9163	0,1617	30,88	20,77	85,14
40	42	110	128	200	1,4195	0,1922	82,66	41,86	67,52
45	42	110	128	200	0,2671	0,145	50,47	30,59	60,53
50	42	110	128	200	4,5915	0,3099	188,14	24,85	84,12
55	42	110	128	200	1,018	0,1652	164,07	76,56	42,76
60	42	110	128	200	4,2681	0,8078	88,05	40,52	62,14
65	42	110	128	200	3,9334	0,3819	220,72	35,2	74,32
70	42	110	128	200	0,7907	0,3839	133,98	47,68	58,85

Şekil 6.43: 42kHz frekansta değişen sıcaklıklarda deney sonuçları



Şekil 6.44: 42kHz frekansta değişen sıcaklıklarda temizleme alanının değişimi

42kHz sabit frekansta değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde temizlenen alanın sıcaklık artımıyla arttığı görülmektedir. Temizlenen alan açısından en iyi temizleme 65°C'de yapılan temizleme olduğu görülmektedir.



Şekil 6.45: 42kHz frekansta değişen sıcaklıklarda homojenliğin değişimi

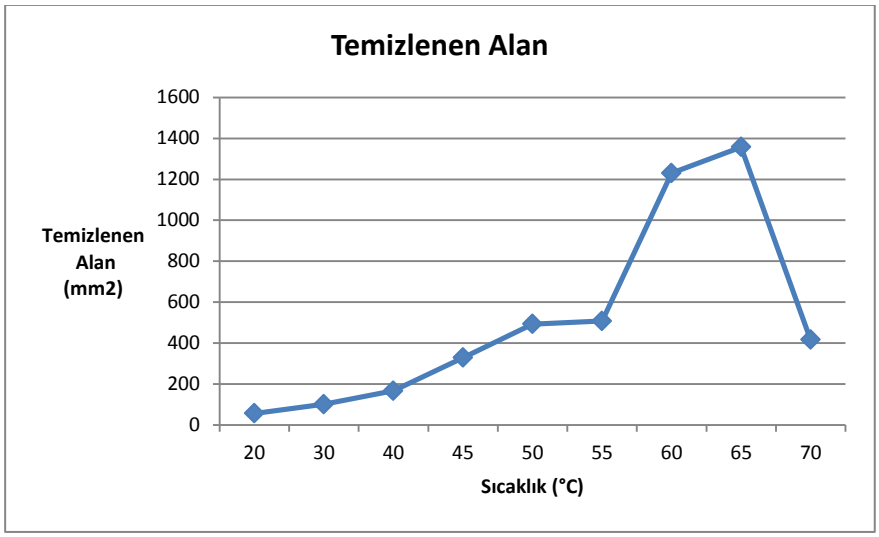
42kHz sabit frekans ve değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde en homojen temizleme 70°C'de yapılan temizlemedir.

6.2.7 Otomatik tarama modunda değişen sıcaklıklarda sonuçların incelenmesi

Otomatik tarama modunda ve 20-70°C değişen sıcaklıklar arasında deneyler yapılmıştır ve sonuçları incelenmiştir.

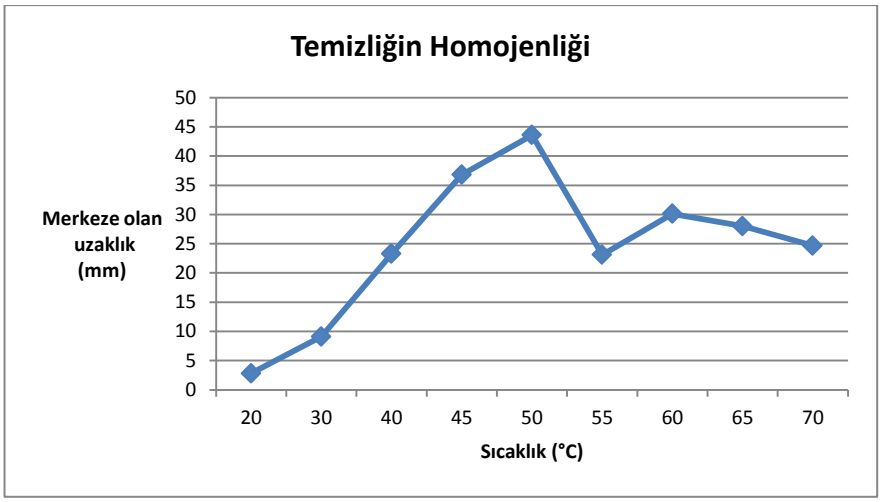
Sıcaklık	Khz	Goruntu Boyu	Görüntü Eni	Eşik Değeri	Standart Sama MM^2	Ortalama Alan	Toplam Alan	Ortalama Y Değeri	Ortalama X değeri
20	otomatik	110	128	200	0,3528	0,1639	56,54	54,2	61,29
30	otomatik	110	128	200	0,6685	0,1495	100,94	45,89	63,67
40	otomatik	110	128	200	1,5693	0,3923	167,13	31,84	66,35
45	otomatik	110	128	200	18,5751	2,1913	328,7	19,68	53,66
50	otomatik	110	128	200	32,7798	2,5198	492,71	11,49	61,37
55	otomatik	110	128	200	22,305	2,2378	507,98	32,61	58,32
60	otomatik	110	128	200	55,5875	5,3485	1230,15	25,01	61,12
65	otomatik	110	128	200	71,5511	5,2002	1357,26	27,03	65,6
70	otomatik	110	128	200	2,9597	0,7857	416,41	36,04	79,78

Şekil 6.46: 38kHz frekansta değişen sıcaklıklarda deney sonuçları



Şekil 6.47: Otomatik tarama modunda değişen sıcaklıklarda temizleme alanının değişimi

Otomatik tarama modunda değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde temizlemenin alan sıcaklık artımıyla arttığı görülmektedir. Temizlenen alan açısından en iyi temizleme 65°C'de yapılan temizleme olduğu görülmektedir.



Şekil 6.48: Otomatik tarama modunda değişen sıcaklıklarda homojenliğin değişimi

Otomatik tarama modunda ve değişen sıcaklıklarda yapılan deneylerde en homojen temizleme 20°C sıcaklıkta yapılan temizlemedir. Sıcaklık yükseldikçe homojenliğin azaldığı görülmektedir.

6.3. Genel Çıkarımlar

Sabit frekansta yapılan deneylerde temizleme alanı açısından en iyi temizleme yüksek sıcaklıklarda olduğu görülmektedir. Yani sıcaklık arttıkça folyo üzerinde aşınan alan artmıştır.Sabit sıcaklıkta yapılan deneylerde temizleme alanı açısından en iyi temizleme otomatik tarama modunda yapılan temizlemedir.

Ses ötesi dönüştürücüler temizleme kazanın altında olduğu için genel olarak folyo üzerindeki aşınmaların dönüştürücülere yakın bölgelerde olduğu görülmektedir. 20-30°C'de otomatik mod daha homojen bir temizlik sağladığı görülmüştür. Sıcaklık arttıkça bu özellik azalmaktadır. Otomatik mod sayesinde oda sıcaklığında homojen temizlik mümkün hale gelmiş olmaktadır. Bu durum temizlemede enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Otomatik çalışma modunun manuel çalışmaya göre avantajı, rezonans frekansı civarında ses ötesi dönüştürücüyü çalıştırıp, temizleme etkinliğinde maksimum verimliliği sağlayabilmektir.

İleriye yönelik çalışma olarak, otomatik modda frekans değişimi daha hızlı yapılabilir, böylece temizlemenin homojenliği arttırılabilir.

KAYNAKLAR

AWARD Sami, PhD. (1996). Cleaning Agents and Systems, Second Edition CRC Press 2011 Pages 233–240.

Ay, İ., Anaç, N. (2002). Ultrasonik Yöntemle Parça Temizleme, Balıkesir Üniversitesi, IV. Mühendislik-Mimarlık Sempozyumu, 229-241

Çiçekdağı, Fulya. (2011). Ultrasonik ses dalgalarının oluşturduğu akustik kavitasyonu etkileyen değişkenler ve kavitasyon enerjisi ölçümü.

Gogate, P., (2007). Cavitational reactor for process intensification of chemical processing applications: A critical review.

Güler Sunay, (2012). "SES ÖTESİ TEMİZLEME ETKİNLİĞİNİN ÇEŞİTLİ PARAMETRELERE GÖRE İNCELENMESİ". Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Kıdak, R., (2005). Optimization of ultrasonic reactor for bacterial and organic matter decay. Doktora Tezi, Boğaziçi Üniversitesi.

Mason, T. J., (1999). Sonochemistry, Oxford University Press Inc., New York, pp. 211-251;

Niemczewskii B., (2007). Observations of water cavitation intensity under practical ultrasonic cleaning conditions, Ultasonics Sonochemistry, 13-18.

Yrd. Doç. Dr. Aydan ÖZKÜTÜK, Manuel ve Ultrasonik Temizlik, Genel Özellikleri ve Personeli Koruma, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, İZMİR.

Piazza, T.,Puskas W., (2001). The Ideal Ultrasonic Parameter for Delicate Parts Cleaning.

Suslick, K. S, 1994: "The Chemistry of Ultrasound", in Encyclopaedia Britannica Yearbook of Science and the Future 1994, Britannica: Chicago; 1994; pp. 138-155.

Suslick, K. S, 1990. Sonochemistry, Science, 247, 1439-1445.

Tangel, C., (2009). Mikrodenetleyici Kontrollü Ultrasonik Temizleme Makinesi Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi.

Url-1<www.akademi.itu.edu.tr>, SES DALGALARININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ, alındığı tarih: 02.12.2012.

Url-2<:http://www.ctgclean.com/blog/technology-library/articles/ultrasonic-cleaning-fundamental-theory-and-application/>, alındığı tarih 20.01.2013.

Url-3<http://www.ctgclean.com/blog/technology-library/articles/>, 20.01.2013.

Url-4<http://www.ultrasoniktemizleme.com/index.php/en/ultrasonic-cleaning>, alındığı tarih 02.12.2012.

Url-5<http://www.mathworks.com/help/images/image-enhancement-and-analysis.html?s_tid=doc_12b>, alındığı tarih 23.11.2012.

Url-6<http://www.mathworks.com/discovery/object-recognition.html>, alındığı tarih 23.11.2012.

Url-7<http://www.mathworks.com/discovery/image-recognition.html>, alındığı tarih 23.11.2012.

Url-8< http://www.mathworks.com/help/images/reading-image-data.html>, alındığı tarih 23.11.2012.

[1]**AWARD Sami, PhD., (**1996). Cleaning Agents and Systems, Second Edition CRC Press 2011 Pages 233–240.

[2]**Kıdak, R.,** (2005). Optimization of ultrasonic reactor for bacterial and organic matter decay. Doktora Tezi, Boğaziçi Üniversitesi.

[3]**GÜLER Sunay,** (2012). "SES ÖTESİ TEMİZLEME ETKİNLİĞİNİN ÇEŞİTLİ PARAMETRELERE GÖRE İNCELENMESİ". Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

[4]**Suslick, K. S, 1994**: "The Chemistry of Ultrasound", in Encyclopaedia Britannica Yearbook of Science and the Future 1994, Britannica: Chicago; 1994; pp. 138-155.

[5]**Suslick, K. S,** (1990). Sonochemistry, Science, 247, 1439-1445.

[6]**Ay, İ., Anaç, N.** (2002). Ultrasonik Yöntemle Parça Temizleme, Balıkesir Üniversitesi, IV. Mühendislik-Mimarlık Sempozyumu, 229-241

[7]**Url-1**<www.akademi.itu.edu.tr>, SES DALGALARININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ, alındığı tarih: 02.12.2012.

[8]**Mason, T. J.,** (1999). Sonochemistry, Oxford University Press Inc., New York, pp. 211-251;

[9]**Gogate, P.,** (2007). Cavitational reactor for process intensificationof chemical processing applications: A critical review.

[10]**Url-2**<:http://www.ctgclean.com/blog/technology-library/articles/ultrasonic-cleaning-fundamental-theory-and-application/>, alındığı tarih 20.01.2013.

[11]**Url-3**<http://www.ctgclean.com/blog/technology-library/articles/>, 20.01.2013.

[12]**Piazza, T.,Puskas W.,** (2001). The Ideal Ultrasonic Parameter for Delicate Parts Cleaning.

[13]**Niemczewskii B.,** (2007). Observations of water cavitation intensity under practical ultrasonic cleaning conditions, Ultasonics Sonochemistry, 13-18.

[14]**Tangel, C.** (2009). Mikrodenetleyici Kontrollü Ultrasonik Temizleme Makinesi Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi.

[15]**Yrd. Doç. Dr. Aydan ÖZKÜTÜK,** Manuel ve Ultrasonik Temizlik, Genel Özellikleri ve Personeli Koruma, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp

Fakültesi, Mikrobiyoloji ve Klinik Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, İZMİR.

[16]**Çiçekdağı, Fulya.** (2011). Ultrasonik ses dalgalarının oluşturduğu akustik kavitasyonu etkileyen değişkenler ve kavitasyon enerjisi ölçümü

EKLER

Analizde kullanılan hesaplamaları yapan kodlar

Resmiye yükle butonu kodu

```
function resmiyukle_Callback(hObject, eventdata, handles)
%işlem yapılacak resmi seçtiren kod parçası
[FileName,PathName] = uigetfile('*.jpg','Select the MATLAB code
file');
image=imread(fullfile(PathName,FileName));
handles.image=image;
guidata(hObject,handles);
```

İşlemleri yap botunu kodu

```
%resmi yükle butonunda seçilen görüntü işlemlerde kullanılmak üzere
yeni değişkenine atanıyor.
resimOrjinal=handles.image;
%Kırmızı,Yeşil ve Maviden oluşan renk dizilerini ile gri duruma
dönüştürüldü.
resimsiyah=(resimOrjinal(:,:,1)/3)+(resimOrjinal(:,:,2)/3)+(resimOrj
inal(:,:,3)/3);
resimsiyah1=resimsiyah;
%resim siyahı başka işlemlerde kullanmak için farklı bir değere
atanmıştır.
orjresimli=resimOrjinal;
%Gri tonlarda olan resmide belli bir eşik değerin altında kalan (200
olarak belirledim) renkleri logical olarak bir veya sıfır diye
kodlanması
resimsiyah=resimsiyah>str2num(get(handles.esikdegeri,'String'));
%Logical olan dizi tipi üzerinde işlem yapmak yerine diziyi normal
double dizi tipine dönüşümünü sağlandı. Eşik değerinden büyük
pikselleri 1 olarak, diğerlerini de 0 olarak atadım.
resimsiyah=[resimsiyah.*1];
%filtreleme işlemi yapılırken kullanılmak üzere yukarıdaki işlemin
tam tersini  yaptırıyorum. Eşik değerinden küçük olan pikselleri 1
olarak, diğerlerini de 0 olarak atadım.
resimsiyah1=resimsiyah1<str2num(get(handles.esikdegeri,'String'));
resimsiyah1=[resimsiyah1.*1];
I=resimsiyah;
I1=resimsiyah1;
%delikler etrafındaki yani 1 olarak atanmış piksellerin etrafındaki
0 piksellerin olma duruma göre bütün komşu piksellerine bakılıyor.
Bir pikselin etrafında 8 adet komşu vardır ve 8 komşuluğa göre hesap
yapılmıştır.
cc = bwconncomp(I, 8);
cc1 = bwconncomp(I1, 8);
%piksel değerleri 1 olarak atanmış deliklerin alanı ve merkezi
hesaplandı.
```

```
graindata = regionprops(cc, 'basic');
grain_areas = [graindata.Area];
graindata1 = regionprops(cc1, 'basic');
grain_areas1 = [graindata1.Area];
% obje alanları hesaplanmış deliklerin piksel değerleri 0 olacak
%şekilde değiştirildi.
grain = false(size(I));
% eşik değerinden büyük cisimlerin bulunan alanlarının değişkenlere
%atanması
loop1=1;
while loop1<=size(cc.PixelIdxList,2)
grain(cc.PixelIdxList{loop1}) = true;
loop1=loop1+1;
end
%delıklerin içinde bulunan diğer siyah piksellerle bağlantısı
%olmayan gürültü olarak nitelendirdiğimiz piksellerin bulunması ve
%yokedilmesı
loop2=1;
while loop2<=size(cc1.PixelIdxList,2)
if  grain_areas1(loop2)<100
grain(cc1.PixelIdxList{loop2}) = true;
end
loop2=loop2+1;
end
%siyah noktalardan  cıkarılan temız goruntunun hesaplarına
%baslanması
cc3 = bwconncomp(grain, 8);
cc3.NumObjects;
%cısımlerın alanı ve merkezi vb.  hesaplanması
graindata3 = regionprops(cc3, 'basic');
grain_areas3 = [graindata3.Area];%
%ekrandan girilen değişkenlerin piksellerle eşleştirilmesi
goruntuen=str2double(get(handles.goruntueni,'String'));
goruntuboy=str2double(get(handles.goruntuboy,'String'));
resminpikselalani=size(resimsiyah,1)*size(resimsiyah,2);
resminalani=goruntuen*goruntuboy;
oran=resminalani/resminpikselalani;
loop4=1;
while loop4<=size(cc3.PixelIdxList,2)
    cizimalan(loop4)=oran*graindata3(loop4).Area;
    loop4=loop4+1;
end
histx = 0:0.001:max(cizimalan);
histy =  cizimalan;
%matematiksel büyüklüklerin hesaplanması
%ortalama alan bilgisi bulundu mm2 alan cinsinden hesaplandı
%yontem olarak ortalamaalan=alanların toplamı/delıklerın sayısı
ortalamaalanmm=sum(cizimalan)/size(cizimalan,2);
ortalamaalanmm = round(ortalamaalanmm*10000)./10000
%delik alanlarının standart sapmalarının hesaplanması
standartsapmamm=std(cizimalan);
standartsapmamm = round(standartsapmamm*10000)./10000
loop5=0;
homojenlikxpay=0;
homojenlikypay=0;
while loop5<size(cc3.PixelIdxList,2)
loop5=loop5+1;
homojenlikxpay=(cizimalan(loop5)*graindata3(loop5).Centroid(1))+homo
jenlikxpay;
homojenlikxpayda=sum(cizimalan);
```

```
homojenlikypay=(cizimalan(loop5)*graindata3(loop5).Centroid(2))+homo
jenlikypay;
homojenlikypayda=sum(cizimalan);
end
homojenlikx=homojenlikxpay/homojenlikxpayda;
homojenliky=homojenlikypay/homojenlikypayda;
ortalamaxmm=goruntuen*homojenlikx/size(resimsiyah,2);
ortalamaymm=goruntuboy*homojenliky/size(resimsiyah,1);
alanlartoplami=sum(cizimalan);
alanlartoplami=round(alanlartoplami*100)./100;
ortalamaxmm=round(ortalamaxmm*100)./100;
ortalamaymm=round(ortalamaymm*100)./100;
ortalamaymm=goruntuboy-ortalamaymm;
set (handles.ortalamax,'String',ortalamaxmm);
set (handles.ortalamay,'String',ortalamaymm);
set (handles.standartsapma,'String',standartsapmamm);
set (handles.ortalamaalan,'String',ortalamaalanmm);
set (handles.toplamalan,'String',alanlartoplami);
%orjinal resmin ekrana çizdirilmesi
subplot(1,3,1);
imshow(resimOrjinal);
title('Orjinal Resim');
%ağırlık merkezini içeren görüntünün çizdirilmesi
subplot(1,3,2);
imshow(resimOrjinal);
%imagesc(cizim1);
hold on;
p=plot(homojenlikx,homojenliky,'X','MarkerSize',20);
hold off;
set(p,'Color','red','LineWidth',2)
title('Deliklerin Ağırlık Merkezi');
%deliklerin alanlarının dağılımı gösteren histogram grafiğinin
%çizdirilmesi
subplot(1,3,3);
histx = 0:0.01:max(cizimalan);
histy =  cizimalan;
hist(histy,histx)
title('Histogram Grafiği');
xlabel('mm2');
ylabel('Adet');
```

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Cem Tunç

Doğum Yeri ve Tarihi: 14.04.1987 Balıkesir

E-Posta: cemtunc@gmail.com, cemtunc87@hotmail.com

Lisans: Elektrik - Elektronik Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi (Çift Anadal Programı)

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

(2009-2012) Turkcell İletişim Hizmetleri. A.Ş.'de Kampanya Operasyon Mühendisi

(2012- halen) Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş.'de Database Administrator